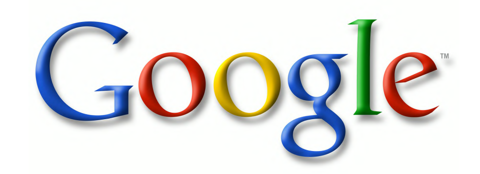
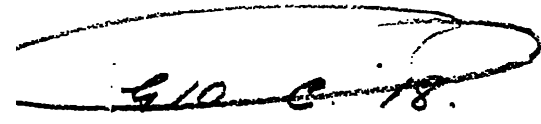




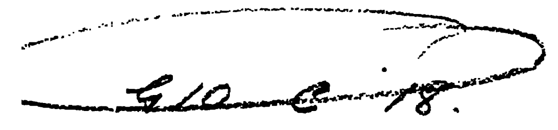
















Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Brandes. Gmelin. Horner. Muncke. Pfaff.

Zweiter Band

C und D.

Mit Kupfertafeln I bis XX.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1826.

Fortsetzung
des
ubscribenten-Verzeichnisses.

	Exempl.
Kaiserl. Hoheit der Herr Erzherzog Carl von Oestreich . . . Schreibp.	1
J. V. Albert, Kunsthändler und Mitglied des Physikalischen Vereins in Frankfurt a/m. . .	1
Joseph Ritter von Arbter, k. k. Justiz-Hofrath in Wien	1
rnoldische Buchhandl. in Dresden	6
Barth, Buchhändler in Leipzig	4
eckersche Buchhandlung in Gotha . . .	1
Bischof, Studiosus in Leipzig . . .	1
Gebr. Bornträger, Buchhändler in Königsberg. .	4
Schreibp.	1
Borrosch, Buchhändler in Prag	2
Breitkopf & Härtel in Leipzig . . .	1
Brendel, Studiosus in Leipzig . . .	1
Brummer, Buchhändler in Kopenhagen . .	1
alvesche Buchhandlung in Prag . . .	8
F. Chlebeczek, Prof. der Mathem. in Przemysl .	1
Cnobloch, Buchhändler in Leipzig . . .	2
v. Coels, Landrath und Polizeydirector in Aachen .	1
ochlöbl. k. k. Commercien-Hofstelle in Wien	1
ntor der Handlungszeitung in Nürnberg .	1
raz & Gerlach, Buchhändler in Freyberg .	1
ökersche Buchhandlung in Jena	3
eutrich, Salzverwalter in Deutiz . . .	1
eterichsche Buchhandl. in Göttingen . .	1
rechsler, Buchhändler in Heilbronn . .	1

	Exempl.
Herr Dresch, Buchhändler in Bamberg	1
- Ferdin. Dümmler, Buchhändler in Berlin .	7
- Duncker & Humblot, Buchhändler in Berlin	5
Die Dyckische Buchhandl. in Leipzig. . . .	1
Herr Eichenberg, Buchhändler in Frankfurt a/m. .	1
- Enslin, Buchhändler in Berlin	1
- Finsterlin, Buchhändler in München . .	1
- J. W. Fischer, Doctor d. Rechte und n. ö. Landesjustiziar zu Korneuburg	1
- Ernst Fleischer, Buchhändler in Leipzig .	1
- Friedrich Fleischer, Buchhändler in Leipzig Schreibp.	1
- Franckh, Buchhändler in Stuttgart . . .	3
- Hofrath Dr. Fries in Jena	1
- Garthe, Buchhändler in Marburg . . .	1
- Gastl, Buchhändler in Brünn	1
- Gerold, Buchhändler in Wien	12
Schreibp.	1
- Gosohorsky, Buchhändler in Breslau . .	1
- Grau, Buchhändler in Baireuth	1
- Hahnsche Hofbuchhandlung in Hannover .	1
- Hartmann, Buchhändler in Leipzig . . .	2
- Heinrichshofen, Buchhändler in Magdeburg	2
Die Heinsiussche Buchhandl. in Gera . . .	1
Die Helwingsche Hofbuchhandl. in Hannover .	1
Herr Hemmerde & Schwetschke, Buchhändler in Halle	4
- Herbig, Buchhändler in Berlin	2
Schreibp.	1
Die Hermannsche Buchhandl. in Frankfurt a/m. .	1
Herr Herr, Elementarlehrer in Wetzlar	1
- Heubner, Buchhändler in Wien	3
Schreibp.	1
- Heyder, Buchhändler in Erlangen	1
- Heyse, Buchhändler in Bremen	1
Die Hinrichsche Buchhandl. in Leipzig . Schreibp.	1
Die hochlöbl. k. k. Hof-Bibliothek in Wien . Schreibp.	1
Herr Hoffmann & Campe in Hamburg . Schreibp.	1

	Exempl.
Herr Huber & Comp. Buchhändler in St. Gallen .	1
- Klauzal, Sekretär in Wien	1
- Köbicke, Buchhändler in Berlin	1
- Kraufs, Buchhändler in Prag . . .	2
- J. A. Kreibich, Privatsekretär in Wien . .	1
- Krieger & Comp. Buchhändler in Marburg .	4
Schreibp.	2
- Dr. Kühn, Professor in Leipzig . . .	1
- Kümmel, Buchhändler in Halle . . .	1
- Kuhn & Millikowski, Buchhändler in Lemberg	1
- Kupferberg, Buchhändler in Mainz . .	1
- Lachmann, Buchhändler in Hirschberg . .	1
- Lambert, Oberlehrer in Wetzlar . . .	1
- Laupp, Buchhändler in Tübingen	2
Schreibp.	1
Die Lindauersche Buchhandl. in München . . .	1
Herr Max & Comp. Buchhändler in Breslau . .	6
Schreibp.	1
- Mayer, Buchhändler in Achen . . Schreibp.	1
- Mayersche Buchhandl. in Salzburg . . .	2
- Dr. Mensing in Erfurt	2
Die Metzlersche Buchhandlung in Stuttgart . .	7
Die löbl. k. k. Militär-Akademie in Wiener Neustadt .	1
Herr Mittler, Buchhändler in Berlin	1
- Mittler, Buchhändler in Leipzig	1
- Mörschner & Jasper, Buchhändler in Wien	4
- J. Müller, Buchhändler in Leipzig . . .	1
- Müller & Comp. Buchhändler in Amsterdam .	1
- Nestler, Buchhändler in Hamburg . . .	1
Die Nicolaische Buchhandl. in Berlin . . .	3
M[r]. N. A. Nilsen in London	1
Herr Dr. Nürnberger in Sorau . . Schreibp.	1
- Osiander, Buchhändler in Tübingen . .	2
- Staatsrath v. Parrow in St. Petersburg noch .	1
Das löbl. k. Pasmaneum in Wien	1
Sr. Hochwohlgeb. Herr Baron Pereira in Wien Schreibp.	1
Herr Perthes & Besser, Buchhändl. in Hamburg .	3

	Exempl.
Herr Pilat, Hofsekretär in Wien	1
Das löbl. k. k. polytechnische Institut in Wien	1
Sr. Hochgeb. d. Herr Graf Rasoumovsky in Wien	1
Herr Reimer, Buchhändler in Berlin	1
Die Reinsche Buchhandlung in Leipzig	2
Herr v. Rohden, Buchhändler in Lübeck	2
- Ruff, Buchhändler in Halle	3
Se. Hochgeb. d. Herr Graf Salm in Wien	1
Herr Schaub, Buchhändler in Elberfeld	1
- Schmid, Buchhändler in Jena	3
Die Schöniansche Buchhandlung in Elberfeld	1
Herr Schrag, Buchhändler in Nürnberg . Schreibp.	1
Frau Wittwe Schuchart in Halle	1
Die Schulbuchhandlung in Braunschweig	2
Herr Schulze, Buchhändler in Bauzen	2
- Schulze, Buchhändler in Oldenburg	3
- Ernst Sedlaczeks in Wien	1
- And. Spunar, Prof. d. Physik in Przemysl	1
- Stein, Buchhändler in Nürnberg	1
- Streng, Buchhändler in Frankfurt a/m	2
Die Universität-Buchhandlung in Kiel	1
Herr Unzer, Buchhändler in Königsberg	2
Die Veith & Riegersche Buchhandlung in Augsburg	1
Herr Friedrich Voigtländer, Mechanikus und Optikus in Wien	1
- Wallis, Buchhändler in Constanz	1
- Wallishauser, Buchhändler in Wien	2
- Weber, Buchhändler in Bonn	7
- Wesener, Buchhändler in Paderborn	2
- Welzt, Hofrath in Wien	1

Physikalisches Wörterbuch

II. Band.

C und D.

C.

Caementiren.

Caementatio; Cémentation; Cementation. Eine chemische Operation, welche den Zweck hat, einen festen Körper, besonders ein Metall, durch Glühen mit einem andern festen Körper, wobei beide nicht in den tropfbar flüssigen Zustand übergehen, chemisch zu verändern. Der letztere Körper, welcher den ersteren in Pulvergestalt umgiebt und mit demselben geschichtet ist, heiſst *Cäment* oder *Cämentpulver.* Beispiele sind das Ueberführen des Eisens durch Glühen mit Kohlenpulver in Stahl; das Umwandeln des Kupfers in Messing durch ein Gemenge aus Zinkoxyd und Kohlenstaub, und das oberflächliche Reinigen des Kupfer- und Silberhaltigen Goldes durch Glühen mit einem Gemenge von gebranntem Eisenvitriol, Kochsalz und Ziegelmehl. Bei den beiden ersten Beispielen ist merkwürdig, daſs das durch die Hitze erweichte Eisen und Kupfer allmälig bis in ihr Innerstes vom Kohlenstoff und Zink durchdrungen werden, ohne ihre Form zu ändern. *G.*

Calcium.

Calcium; Calcium; *Calcium.* Ein Metall, welches von H. Davy auf dieselbe Art wie das Baryum und ebenfalls nur in sehr kleiner Menge dargestellt worden ist. Es ist glänzender und weiſser als Baryum, und bei der gewöhnlichen Temperatur fest. Seine wichtigern Verbindungen sind folgende.

Kalk, Kalkerde (20,5 Calcium auf 8 Sauerstoff). Das Calcium oxydirt sich schnell an der Luft, bei gewöhnlicher Temperatur ohne, bei höherer mit Feuerentwickelung; es zersetzt das Wasser unter Wasserstoffgasentwickelung, und ver-

wandelt sich hierbei immer in Kalk. Man erhält den rei
Kalk, als gebrannten Kalk, durch Glühen des natürlichen k
lensauren Kalkes. Der reine Kalk ist weifs, erdig, wi
schwach alkalisch und schmilzt nur in der durch das Kn
gasgebläse oder Elektricität hervorgebrachten Hitze. Er v
bindet sich mit Wasser unter lebhafter Wärmeentwickelung,
bis zum Entzünden von Schiefspulver und Holz steigen ka
zu *Kalkhydrat*, einem weifsen Pulver, welches in schv
cher Glühhitze sein Wasser verliert und sich in ungefähr 6
kaltem und 1200 kochendem Wasser zu *Kalkwasser* aufl
Die aus der Verbindung des Kalkes mit Säuren entspringen
Kalksalze sind den Baryt- und Strontiansalzen ähnli
doch specifisch leichter. Die auflöslichen werden auch
grofser Verdünnung (wenn keine überschüssige Säure vorhan
ist) durch Kleesäure und durch kleesaures Kali, ferner, jed
nur im concentrirten Zustande, durch Schwefelsäure, nicht du
Ammoniak gefällt. Die wichtigsten sind: *Kohlensau*
Kalk in der Natur sehr häufig als Kalkspath, Marmor, Ka
stein, Kreide, u. s. w. nicht in reinem, aber ein wenig in K
lensäure haltendem Wasser löslich. *Phosphorsaurer Kal*
seltener im Mineralreiche als Apatit, häufiger in den Pflan
und Thieren und daher in den meisten Pflanzenaschen in ger
ger, in den meisten Thieraschen (besonders in den verbrann
Knochen) in gröfserer Menge vorkommend, nicht im Was
löslich. *Schwefelsaurer Kalk* im trockenen wasserhalti
Zustande als Anhydrit und Gyps bekannt, in 460 Theilen W
ser löslich. *Salzsaurer* und *salpetersaurer Kalk*, z
in Säulen krystallisirende, äufserst zerfliefsliche Salze.
Verbindungen des Kalkes mit Arseniksäure, Scheelsäure und K
selerde kommen im Mineralreiche vor, die mit Kleesäure, We
säure und vielen andern Pflanzensäuren im Pflanzen- und z
Theil auch im Thierreiche. Mit Chlor und Wasser bildet
Kalk theils ein feuchtes Pulver, Bleichpulver, theils bei m
Wasser und Chlor eine Flüssigkeit, Bleichflüssigkeit, welche b
de zum Bleichen häufig angewendet werden.

Das *Calciumhyperoxyd* ist noch wenig bekannt.
Fluorcalcium, der *Flufsspath* der Mineralogen, findet s
in kleiner Menge auch in thierischen Substanzen, besonders
den Zähnen und Knochen. Das *Chlorcalcium* ist eine wei

durchscheinende, in der Rothglühhitze schmelzende Masse. Das *Schwefelcalcium* ist der Hauptbestandtheil der durch Glühen von Kalk mit Schwefel erhaltenen Kalkschwefelleber, die mit wässrigen Säuren Hydrothionsäure entwickelt. Das *Phosphorcalcium* verhält sich wie das Phosphorbaryum und wird durch Hinzuleiten von Phosphordämpfen zu in einer Glasröhre glühendem Kalk erhalten. *G.*

Caliber.

Calibre; *Caliber*, *Caliper*; kommt hauptsächlich bei der Artillerie vor, und heifst die Dicke oder der Durchmesser eines runden Körpers, z. B. der Kugeln, oder speciell die Bohrung oder innere Weite der Artilleriestücke (*pièces d' Ordonnance*; *pieces of ordnance*) oder der hierzu gehörigen Kugeln und Bomben.

In der Naturlehre wird der Ausdruck in der Regel nur von hohlen Röhren gebraucht, welche hauptsächlich zu irgend einer Messung dienen sollen, und bezeichnet dann ihre Weite, wobei man den innern hohlen Raum derselben als vollkommen cylindrisch voraussetzt, indem sie sonst in den verschiedenen Theilen ihrer Länge ein verschiedenes Caliber haben müfsten. Es kommt bei den zum Messen anzuwendenden Röhren erstlich darauf an, die innere Weite derselben zu bestimmen, oder zweitens zu untersuchen, ob dieselbe überall gleich ist, welches Letztere gleichfalls Calibriren genannt wird.

1. Das Erstere, welches unter der Voraussetzung vollkommener Cylinderform mit der Bestimmung des inneren Durchmessers der Röhren zusammenfällt, geschieht bei weiteren vermittelst eines gemeinen Cirkels oder besser eines feinen Stangencirkels, bei engeren aber am besten dadurch, dafs man einen Cylinder von hartem Holze, welcher nur wenig verjüngt ist, oder von fest aufgerolltem Papiere genau in die innere Oeffnung pafst, und dann vermittelst eines Tastercirkels oder eines geeigneten Stangencirkels den Durchmesser desselben bestimmt. Für sehr enge Röhren, oder eigentliche sogenannte Haarröhrchen ist auch dieses Verfahren zu wenig genau, und mufs bei diesen der innere Halbmesser durch das Gewicht einer Quecksilbersäule von gegebener Länge bestimmt werden, wie schon

Dufour[1] vorgeschlagen, Gay-Lüssac aber bei seinen Versuchen zur Prüfung der La Placeschen Theorie der Capillarität mit grofser Genauigkeit ausgeführt hat[2]. Man wiegt zu diesem Ende die Röhre, deren innerer Raum mit unmerklicher Abweichung als genau cylindrisch vorausgesetzt wird, zuerst leer, füllt dann einen Cylinder von Quecksilber von bestimmbarer Länge hinein, und wiegt die Röhre abermals, wodurch das Gewicht des Quecksilbers $= p$ gefunden wird. Die Länge der Quecksilbersäule in der Röhre $= l$ findet man leicht vermittelst eines gemeinen Cirkels oder eines Stangencirkels, und wenn dieselbe beträchtlich lang ist, so kann man die convexen Enden der Quecksilbersäule füglich vernachlässigen, oder nach dem Augenmafse corrigiren. In diesem Falle ist der Inhalt des Quecksilbercylinders im Röhrchen $= r^2 \pi l$, und wenn das Gewicht eines gegebenen Mafses, z. B. eines Kubikzolles Quecksilbers $= m$ ist; so ist $r^2 \pi l m = p$ woraus der Halbmesser der Röhre $r = \sqrt{\frac{p}{\pi l m}}$ gefunden wird. Setzen wir hierin das Gewicht eines rheinl. Kubikzolles Wasser $= 288,21$ Gr. Med. Gew.[3], das spec. Gew. des Quecksilbers $= 13,586$, so ist für die Länge $= l$ in rheinl. Zollen und p in Granen Med. Gew. $r = 0,0090162 \sqrt{\frac{p}{l}}$ Für par. Zolle und Grane Med. Gew. ist $r = 0,008563 \sqrt{\frac{p}{l}}$; für englische Zolle und Grains Troy-Gewicht ist $r = 0,009615 \sqrt{\frac{p}{l}}$; für neu französisches Mafs p in Grammen und l in Decimetern ist $r = 0,1531 \sqrt{\frac{p}{l}}$ gleichfalls in Decimetern.

Will man indefs auf die Convexität an beiden Enden der Quecksilbersäule Rücksicht nehmen, und ist es möglich, den Anfang derselben genau wahrzunehmen, so läfst sich die hiernach erforderliche Correction auf folgende Weise erhalten. Man kann mit ziemlicher Sicherheit annehmen, dafs das Quecksilber an jedem Ende eine Halbkugel vom Halbmesser der Röhre

1 J. d. P. XI. 127.

2 Biot Traité. I. 440.

3 S. *Mafs*.

bildet. Mifst man daher die Länge des Cylinders bis an den Anfang dieser Halbkugel an beiden Enden und nennt diese Länge l', die Höhe der einen Halbkugel aber λ, so ist nach dem bekannten Verhältnisse der Kugel zum Cylinder $l = (l' + \frac{2}{3}\lambda)$ welches in die Formel aufgenommen den corrigirten Werth von r giebt, und wobei die Richtigkeit der Messung danach geprüft werden kann, dafs die hieraus gefundene Gröfse von r nicht merklich von $\frac{2}{3}\lambda$ abweichen darf. Wollte man sich indefs auf eine solche Messung nicht verlassen, so wäre zuvörderst aus der gemessenen ganzen Säule nach der oben gegebenen Formel der uncorrigirte Werth von r zu suchen, und indem man dann die corrigirte Länge der Säule $l' = (l - \frac{2}{3}r)$ aufs neue in die Formel einführte und abermals rechnete, der corrigirte Werth von r zu finden.

2. Unter Calibriren, hauptsächlich der Glasröhren, versteht man zweitens gleichfalls sehr häufig die Untersuchung, ob das Caliber oder die Weite der Röhre in der ganzen Länge des zum Gebrauche bestimmten Theiles gleich sey. Es ist dieses in allen denjenigen Fällen durchaus nothwendig, worin die Vermehrung oder Verminderung eines gegebenen Körpers nach der Länge des Cylinders gemessen werden soll, welchen er in der Röhre bildet, z. B. bei Thermometern, Eudiometern u. dgl. Das zweckmäfsigste und wohl einzige Mittel hierzu ist, in die zu calibrirende Röhre einen Cylinder von Quecksilber zu bringen, welches die Wände nicht benetzt, und daher bei seiner Bewegung in der Röhre von seiner Masse durch Adhäsion nichts verliert, und zu versuchen, ob die Länge desselben überall gleich bleibt. Man kann diesen Versuch auf zweierlei Weise anstellen, entweder indem man wiederholt gleiche Massen Quecksilber in die zu calibrirende Röhre giefst, und durch Messung bestimmt, ob eine jede darin einen Cylinder von gleicher Länge bildet, in welchem Falle auch das Caliber gleich ist, oder indem man die nämliche Masse Quecksilber durch die ganze Länge der Röhre fortbewegt, und an jeder einzelnen Stelle mifst, ob sie allezeit einen gleich langen Cylinder bildet. Das erstere Verfahren ist mühsam und leicht unsicher, das zweite hauptsächlich bey engen Röhren leicht und sicher anwendbar; in beiden Fällen aber ist es überflüssig, auf die convexe Oberfläche des Quecksilbers Rücksicht zu nehmen, weil der hieraus erwachsene Feh-

ler sich stets gleich bleibt und daher von selbst ausgeglichen wird. Bei weiteren Röhren befestigte de Luc[1] einen in die Röhre gepafsten Kork an einem Faden, gofs das Quecksilber darüber, und bewegte den hierdurch gebildeten Cylinder in der Röhre durch Fortziehen des Korkes vermittelst des Fadens von einem Ende derselben zum andern. Bei engeren, namentlich zu Thermometern bestimmten Röhren ist dieses Verfahren aber unnöthig und meistens unmöglich. Es genügt dagegen, nur durch Saugen einen Cylinder von willkührlicher Länge in die Röhre zu bringen, sie horizontal niederzulegen, ein Stückchen dickes Papier oder Spielcharte genau von derjenigen Breite zu schneiden, als die Länge des gebildeten Cylinders beträgt, dann durch die erforderliche Neigung der Röhre den Quecksilbercylinder in derselben weiter zu bewegen, und durch Auflegen des Papierstreifens zu messen, ob seine Länge stets unverändert bleibt.

3. In vielen Fällen, z. B. bei der Verfertigung der Eudiometer, Anthrakometer und sonstiger Mefswerkzeuge ist es erforderlich, auch weitere Röhren in gleiche Räume und zugleich von einem bestimmten Inhalte zu theilen. Auch für diesen Zweck bietet das Quecksilber wegen seines grofsen spec. Gewichtes ein sehr sicheres und bequemes Hülfsmittel dar. Am einfachsten würde das Verfahren seyn, wenn man die den erforderlichen Raum ausfüllende Menge Quecksilbers jedesmal aufs neue abwöge, jede einzeln in die Röhre gösse, und ihren Stand bezeichnete, und den hierdurch erhaltenen Raum in so viele gleiche Theile theilte, als worein die Röhre getheilt werden soll. Weil aber dieses wiederholte Abwägen sehr langweilig ist, so bedient man sich lieber der Messungen, welche für diesen Zweck hinlängliche Genauigkeit geben. Ein hierzu von Parrot[2] vorgeschlagener Apparat, den früher von Réaumür, Lutz u. m. gebrauchten kleinen Bechern nachgebildet, aber ungleich bequemer uud genauer eingerichtet, läfst sich in vereinfachter Gestalt und wohlfeil auf folgende Weise darstellen. Man nimmt eine genau cylindrische, einige Zolle lange und ei-

---

1 Recherches sur les mod. de l'atm. I. sect. 1. ch. 3.

2 G. XLI. 62.

nige Linien weite Glasröhre a a, fafst sie in einen eisernen Ring b b, welcher an zwei, einander diametral entgegengesetzten Seiten zwei mit der Glasröhre parallel herabgehende Stangen hat; diese tragen unten die Platte d d mit einer Schraubenmutter in ihrer Mitte, durch welche die männliche Schraube g geht. Am obern Ende dieser lezteren ist vermittelst einer eisernen Platte der Kork e befestigt, welcher gedrängt in die Röhre pafst. Leztere ist an ihrem oberen Ende plan geschliffen, und eine genau auf den Rand passende kleine Glasplatte dient dazu, den Raum der Glasröhre zwischen dem Korke und dieser Platte durch die letztere scharf abzuschneiden. Beim Gebrauche bestimmt man nach den oben mitgetheilten Angaben das Gewicht eines gewissen Volumens Quecksilber, wiegt dieses sorgfältig ab, schüttet es nach hinlänglich zurückgezogenem Korke in die Glasröhre, und indem man die Glasplatte auflegt, den Kork aber in die Höhe schraubt, bestimmt man auf das genaueste den Raum, welchen es einnimmt. Diesen füllt man nachher wiederholt mit Quecksilber, giefst dieses in die zu calibrirende Röhre, und bezeichnet den jedesmaligen Stand, welchen dasselbe einnimmt, wobei es leicht ist, nach den angegebenen Elementen die Länge der Quecksilbersäule für die convexe Oberfläche zu corrigiren. Bildet dieselbe nämlich eine Halbkugel, so darf man nur jederzeit $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe abziehen. Eine weitere genauere Berechnung würde für jeden einzelnen Fall sehr schwierig, für den praktischen Gebrauch aber überflüssig seyn.

Fig. 1

M.

Calorimeter.

Mit diesem lateinisch griechischen Namen bezeichneten Lavoisier und La Place eine Vorrichtung, welche dazu dienen soll, die von einem Körper ausgehende Wärme zu messen. Sie bedienten sich hierzu des Eises, mit welchem sie den Körper von allen Seiten umgaben, und nahmen als relatives Mafs der Wärme das Quantum des aus der Eishülle durch die Wärme des Körpers ausgeschmolzenen Wassers an. Um die Störung zu verhüten, welche der Zutritt der Luftwärme auf das Resultat haben konnte, war jene Eisrinde noch mit einer zweiten Hülle von Eis umgeben, so dafs jede Schmelzung von Aufsen unmöglich gemacht wurde. Dieses sind die Grundzüge von Lavoisiers Eis-

Fig. 2 apparat; seine nähere Beschreibung ist folgende: A ist eine Art Korb von Eisendraht geflochten, in welchen der zu prüfende Körper gelegt wird; er ist oben mit einem durchlöcherten Deckel C versehen, und in den blechernen Cylinder BB frei aufgehängt. Der Zwischenraum zwischen Korb und Cylinder wird überall mit zerstoſsenem Eise erfüllt. Das Gefäſs BB ist sodann noch von einem zweiten E E ganz umschlossen, und der zwischen beiden befindliche Raum ebenfalls mit Eis ausgefüllt. Im Gefäſse B befindet sich unten ein eiserner Rost, und unter dieſem ein Drahtsieb, um fortgeschwemmte Eistheilchen aufzuhalten. Etwas tiefer ist der senkrechte Auslauf mit dem Hahn d angebracht, während dem der Abzug aus dem äussern Gefäſse E seitwärts durch den Hahn f statt findet. Auch die Deckel C und D D werden mit zerstoſsenem Eise gefüllt, und so ist der zu prüfende Körper ringsum mit einer doppelten Eiswand umschlossen. Indem er nun im Eisapparat bis auf 0° erkaltet, wird durch die aus ihm frei werdende Wärme ein Theil der innern Eishülle geschmolzen, und das aus dem Hahn d abflieſsende Wasser giebt das Maſs dieser Schmelzung an. Was durch den Hahn f abgeht, ist nur die Wirkung der äuſsern Luftwärme auf die äuſsere Eishülle. Da das Wasser, so lange noch ein Eistheilchen in demselben bleibt, sich nicht über 0° Wärme erhebt, so kann der innern Eishülle niemals einige Wärme von Auſsen her zugeführt werden.

Die Theorie des Calorimeters beruht auf folgendem: Die Menge des vom erwärmten Körper geschmolzenen Eises ist desto gröſser, 1. je gröſser die Masse des Körpers ist, 2. je stärker seine Erwärmung war, und 3. je gröſser das Maſs fühlbarer Wärme ist, das er bei gleicher äuſserer Erkältung absetzt; mit andern Worten: sie ist im geraden Verhältniſs der Massen und Temperaturen der Körper und ihrer Capacität für die Wärme (ihrer specifischen Wärme). Es sind also für die Körper A und a, nach ihren Massen M und m, ihren Temperaturen (zwischen dem Eis- und Siedpunkt des Wassers) T und t, und ihren specifischen Wärmen C und c, die Mengen W und w des geschmolzenen Eises $= MTC$ und mtc, oder $C = \frac{W}{MT}$ und $c = \frac{w}{mt}$. Da hier nur von relativen Bestimmungen die Rede seyn

kann, so ist es nöthig, die specifische Wärme irgend eines bekannten Stoffes als Einheit anzunehmen, und die Eismengen, die von jedem andern Stoffe nach Mafsgabe seiner Masse und Temperatur geschmolzen werden, mit derjenigen zu vergleichen, welche dieser Körper zu schmelzen im Stande ist. Man hat hiefür, wie in manchen andern Fällen, das reine Wasser gewählt, dessen specifische Wärme = 1 gesetzt wird. Zu mehrerer Vereinfachung ertheilt man ihm (wenigstens in der Voraussetzung) eine Wärme, bei welcher es ein ihm gleiches Gewicht von Eis ganz zu schmelzen vermag. Versuche haben gezeigt, dafs dieses bei einer Wärme, welche $\frac{3}{4}$ unsrer Thermometerscale (60° des sogenannten Réaumür'schen oder 75° des hundertheiligen Thermometers) beträgt, statt finde. Durch diese Annahme werden in der Formel die Gröfsen W und M einander gleich, und T = 60° R. oder 75° C.; und wenn C die specifische Wärme des Wassers, c diejenige des zu prüfenden Körpers bezeichnet, so hat man C: c $= \frac{W}{MT} : \frac{w}{mt}$ oder $1 : c = \frac{1}{T} : \frac{w}{mt}$, mithin $c = \frac{T \times w}{mt}$. Für T setzt man die Zahl 75 in die Formel, wenn t in Graden des hunderttheiligen Thermometers gegeben ist; gebraucht man das Réaum. Thermometer, so wird T = 60.

Beispiel. $5\frac{1}{2}$ Pfund Gufseisen bis zur Wärme des Siedepuncts erhitzt, haben 0, 81 Pf. Eis geschmolzen, man hat also $m = 5{,}5$; $w = 0{,}81$; $t = 100$, $T = 75$; mithin die specifische Wärme $c = \frac{75 \times 0{,}81}{100 \times 5{,}5} = \frac{3 \times 0{,}81}{4 \times 5{,}5} = 0{,}1105$.

Ist der zu prüfende Stoff tropfbar flüssig, so schliefst man ihn in ein Gefäfs ein, dessen specifische Wärme bereits durch Versuche oder Rechnung bestimmt worden ist. Es seyen c', w', m', t' die obigen Gröfsen für dieses Gefäfs, so ist $c' = \frac{75\,w'}{m'\,t'}$, und $w' = \frac{c'\,m'\,t'}{75}$. Bezeichnet man durch U das Resultat der ganzen Schmelzung, so ist derjenige Theil, welcher dem flüfsigen Körper zuzuschreiben ist $= w = \left(U - \frac{c'\,m'\,t'}{75}\right) : m\,t$, also die gesuchte specifische Wärme $c = \frac{75}{m\,t}\left(U - \frac{c'\,m'\,t'}{75}\right) = \frac{75\,U}{m\,t} - \frac{c'\,m'}{m}$, in-

dem die Temperatur des Gefäfses derjenigen der eingeschlossenen Flüssigkeit gleich gesetzt wird.

Beispiel. 4 Pfund Salpetersäure wurden in einem gläsernen Kolben von 0,531 Pf. Gewicht bis zu 100° C. erhitzt, und schmolzen nach einer zwanzigstündigen Abkühlung im Calorimeter 3,664 Pf. Eis. Die specifische Wärme des Glases ist 0,1929. Man hat also hier $U = 3,664$; $m = 4$, $t = 100$, $c' = 0,1929$ $m' = 0,531$, mithin $c = \frac{75 \times 3,664}{4 \times 100} - \frac{0,1929 \times 0,531}{4} =$ $0,68701 - 0,02562 = 0,66139$.

Beim Gebrauch des Calorimeters ist folgendes zu bemerken. 1. Das Eis, mit welchem die Zwischenräume gefüllt werden, mufs ja nicht kälter als 0° seyn. Man thut daher wohl, es vor der Anwendung etwa eine Viertelstunde lang ins Wasser zu tauchen. 2. Es mufs so stark befeuchtet seyn, dafs dasjenige Wasser, welches ein Product der Schmelzung ist, nicht von demselben eingeschluckt werde, sondern sogleich ablaufe. 3. Es darf nicht aus allzukleinen Stücken bestehen, weil diese durch die Wirkung der Capillarität das Wasser zurückhalten könnten. Eben deswegen ist auch der Schnee unbrauchbar. 4. Die Eisstücke dürfen jedoch auch nicht zu grofs seyn, um nicht freie Zwischenräume darzubieten, durch welche die Wärme hindurchstrahlen könnte. Einige rathen an, ihnen die Gröfse einer Nufs zu geben. Auf jeden Fall wird, da die Gröfse der Stücke, mithin die dem anhängenden Wasser dargebotene Oberfläche immer kleiner wird, etwas mehr Wasser ablaufen, als was das blofse Product der Schmelzung ist. 5. Die Temperatur des Zimmers, in in welchem operirt wird, darf niemals unter 0° seyn; sie darf aber auch nicht mehr als einige Grade über 0° ansteigen, damit nicht die Wärme, welche durch die unvollkommene Verschliessung der Deckel eindringen könnte, das Resultat störe.

Man entgeht einem grofsen Theile dieser Schwierigkeiten, wenn man neben dem Calorimeter, in welches der zu prüfende Körper gebracht wird, einen zweiten, diesem in allen Theilen möglichst gleichen Eisapparat hinsetzt, und abwechselnd den erhitzten Körper erst in den einen, dann in den andern legt. Der Unterschied der aus beiden abgelaufenen Wassermengen giebt

möglichst nahe das reine Resultat der beabsichtigten Schmelzung. Es versteht sich, dafs kein Wasser ablaufen, mithin keiner der Hähne geöffnet werden darf, bis der ganze Versuch, welcher meistens mehrere Stunden dauert, beendigt ist. Eben so ist bei Bestimmung der Temperatur des eingeschlossenen Körpers der Wärmeverlust zu berücksichtigen, welchen derselbe beim Uebertragen ins Calorimeter erleidet. Auch ist zu bemerken, dafs die aus solchen Versuchen abgeleiteten Resultate über die specifische Wärme verschiedener Stoffe[1] nur innerhalb derjenigen Gränzen als richtig anzusehen sind, in welchen jene angestellt wurden (zwischen dem Eis- und Siedepuncte des Wassers), und dafs bei höhern Wärmegraden die Fähigkeit der Körper, Wärme in sich aufzunehmen, wegen Aenderung ihres Aggregatzustandes nicht dieselbe seyn könne.

Das Calorimeter dient nicht nur, die specifische Wärme fester oder flüssiger Körper zu bestimmen, sondern auch die relative Wärme anzugeben, die sich bei der Vermischung verschiedener Flüssigkeiten, bei dem Respirations- und Verbrennungsprocefs und dgl. entwickelt. Für diesen letztern Zweck, namentlich auch für die Bestimmung der specifischen Wärme der Gasarten wird eine umgebogene Röhre in das Innere des Calorimeters hineingeführt. Ungleich bequemer aber ist hierzu das von Rumford vorgeschlagene Calorimeter, bei welchem ein bestimmtes Gewicht Wasser durch den zu prüfenden Körper erwärmt wird.

Das Wassercalorimeter. AA ist ein Kästchen aus dünnem Kupfer, oder aus Weifsblech von 8 Zoll Länge, 4,5 Zoll Breite und eben so viel Höhe. In demselben befinden sich drei kreisförmige Oeffnungen in B, C und D, in welche cylindrische Röhren eingelöthet sind. Die erstere, im Mittelpuncte des Dekkels dient, um das Kästchen mit Wasser zu füllen, und wird mit einem Korkstöpsel verschlossen; in die zweite engere Oeffnung bei C, wird durch einen durchbohrten Kork ein cylindrisches Thermometer gesteckt; die dritte bei D empfängt die Einmündung der Kühlschlange s s, welche das Wesen dieses Apparats ausmacht; diese ist von sehr dünnem Bleche, ihr Querschnitt ist nicht kreisförmig, sondern bildet ein Rectangel von

Fig. 3.

1 Vergl. *Wärme, specifische.*

$\frac{1}{2}$ Zoll Höhe und $1\frac{1}{2}$ Zoll Grundlinie am Eingang, und 1 Zoll am Ende der Schlange. Sie macht in horizontaler Ebene mit halbkreisförmiger Wendung drei Gänge durch das Kästchen, und steht vom untern Boden überall zwei Linien weit ab.

Bei D ist sie mit einem Cylinder e von 1 Zoll Durchmesser und 1 Zoll Länge verbunden, in welchen der umgekehrte Trichter f hineingesteckt wird, bestimmt, die Wärme verbrannter Stoffe aufzufangen. Das Kästchen A A ist an seinem Rande in einen hölzernen Rahmen m m eingelassen, der auf vier dünnen Füfsen steht, um jeden Abzug von Wärme durch Berührung so viel als möglich zu verhindern.

Das Gefäfs des bei C eingesteckten Thermometers ist ein Cylinder von dünnem Glase, zwey Linien weit, und 4 Zolle hoch, so dafs er die Temperatur der verschiedenen Wasserschichten vereint angiebt.

Rumford hatte anfangs zwei solcher Apparate dergestalt mit einander verbunden, dafs das Ende der Kühlröhre des Erstern in die Einmündung derjenigen des zweiten Recipienten übertrat. Ein Versuch, den er über die beim Verbrennen eines Wachslichtes entwickelte Wärme anstellte, bei welcher das Wasser der Hülfrecipienten um keinen vollen Grad erwärmt wurde, während dem die Temperatur des Hauptgefäfses von 10° R. bis auf 32° R. sich erhob, bewog den Erfinder, das zweite Gefäfs als unnütz wegzulassen, was um so unbedenklicher geschehen konnte, da er aus andern Gründen sich vorgenommen hatte, die Erwärmung nicht bis auf diese Höhe steigen zu lassen. Es trat nehmlich bei diesem Calorimeter ein Umstand ein, für welchen bei Lavoisiers Apparat bereits gesorgt war, die Einwirkung der äufsern Luft auf den Recipienten, und Wärmestrahlung seiner Oberfläche. Rumford half diesem auf eine Art ab, die eines so gewandten Experimentators würdig ist und die ihn zu dem Ausspruch berechtigte, dafs bei solchen Untersuchungen es besser sey, den Fehlern der Methode entweder ganz auszuweichen, oder sie durch ein entgegengesetzes Verfahren zu compensiren, als auf ihre Berechnung zu bauen. Er erkältete nämlich das Wasser des Recipienten, und somit auch seine Wände selbst *unter* die Temperatur der umgebenden Luft, und endigte den Versuch, wenn die Wärme des Wassers die Temperatur der Luft um eben so viel Grade überstieg, als

sie zu Anfang unter derselben gewesen war. So wurde in der zweiten Hälfte der Versuche das Calorimeter durch die Luft um eben so viel erkältet, als es in der ersten erwärmt worden war.

Die Wände des Calorimeters nehmen die Temperatur des eingeschlossenen Wassers an, mithin wird ein Theil der Wärme, durch welche die Temperatur des Letzern erhöht wird, auch auf jene verwendet. Man kann dafür leicht Rechnung tragen, indem man die Wassermenge sucht, welche der Masse des Instruments und seiner specifischen Wärme entspricht. Diese Quantität ist gleich dem Gewicht des Calorimeters, multiplicirt mit der specifishen Wärme des Stoffes, aus welchem es verfertigt ist, dividirt durch die specifische Wärme des Wassers. Wäre z. B. das Gewicht des Kästchens von Eisenblech 400 Grammen, so ist die specifische Wärme dieser Substanz nach Lavoisier = 0,11, diejenige des Wassers gleich 1 gesetzt, mithin müfste bei Berechnung der Versuche die Wassermenge des Calorimeters noch um die constante Gröfse von $400 \times 0{,}11$ d. i. um 44 Grammes vergröfsert werden.

Die Angaben dieser Calorimeter lassen sich leicht auf diejenigen des vorhin beschrieben Eisapparats reduciren, wenn man die von verbrennlichen Stoffen bewirkte Erwärmung des Wassers mit der Wärme vergleicht, die erfordert wird, um ein Quantum Eis vom nämlichen Gewicht zu schmelzen. Diese beträgt drei Viertheile unsrer Thermometerscale. Die Wassermasse im Calorimeter mufs also mit ihrer Erwärmung eben so viel ausmachen, als ein zu suchendes Quantum Wasser, das 75° warm wäre; oder, wenn t die beobachtete Erwärmung nach 100 theiligen Graden, C den Wasserinhalt des Calorimeters nach Grammen oder Pfunden, E das Quantum geschmolzenen Eises, (oder Wassers von 75° Wärme) nach dem nämlichen Gewicht, wie das Calorimeter bezeichnet, so mufs $C \times t$ gleich $E \times 75$ seyn. Es folgt hieraus $E = \frac{C \times t}{75}$, und wenn die Temperatur des Wassers nach Réaumür-Graden bestimmt wurde, $E = \frac{C \times t}{60}$. Richtet man das Volumen des Calorimeters so ein, das sein Wassergehalt mit Einschlufs desjenigen Quantum, welches der specifischen Wärme des Gefäfses entspricht, in einer Gewichtegattung durch eine Zahl ausge-

drückt werde, welche zu 60 oder 75 ein einfaches Verhältnifs hat, so wird die Rechnung noch einfacher. Wäre z. B. das Gewicht der Wassermasse des ganzen Instruments = 6000 Grammen, so wäre bei dem Gebrauch des Réaumürschen Thermometers $\frac{C}{60} = 100$ und so würde das hundertfache der beobachteten Erwärmung die Menge von Eis ausdrücken, welche durch die, bei dem Versuch angewendete Substanz in eben der Zeit geschmolzen worden wäre. Da die beim Versuch aufgewandte Substanz nach dem nämlichen Gewichte angegeben wird, so mufs der gefundene Werth von E noch durch das Gewicht derselben dividirt werden, um diejenige Menge Gewichtstheile Eises zu erhalten, welche Ein Gewichtstheil dieser Substanz zu schmelzen vermag. Setzt man das gebrauchte Gewicht der Substanz = A, so wird endlich $E = \frac{C \times t}{75\ A}$ oder wenn das Gewicht des Wassers dividirt durch 60 oder 75 einen constanten Werth = M ausmacht $E = \frac{M\ t}{A}$.

Beispiel. Versuch mit weifsem Wachs.[1] Temperatur des Zimmers = 61° F. = 12°,87 R. Temperatur der 2781 Grammen Wasser, womit das Calorimeter angefüllt wurde einschliefslich der der specifischen Wärme des Instruments entsprechenden Wassermenge = 56° F. = 10°,67 R. Ein Wachslicht, das unter der Mündung des Kühlrohres stand, wurde angesteckt, und als das Thermometer des Instruments genau 66° F. = 15°,11 R. erreicht hatte, also um 10° F = 4°,44 R. gestiegen war, ausgelöscht. Darüber waren 13′ 26″ hingegangen, und das Wachslicht hatte 1,63 Grammen an Gewicht verloren. Es ist also hier C = 2781, t = 4,44; A = 1,63 also M = 46,35; $\frac{t}{A} = 2,726$; und E = 126,36 d. i. die Hitze, die aus einem Gewichtstheil Wachs erzeugt wird, ist vermögend 126, 4 gleicher Gewichtstheile Eis zu schmelzen, also 1 Pf. Wachslichter 126 Pfunde Eis.

Auf eben den Grundsätzen beruhte das Calorimeter, dessen sich zwei französische Physiker Laroche und Berard bedienten

[1] Rumford bei G. XLIV. 12.

um die specifische Wärme der Gasarten auszumitteln. Es
and aus einem Cylinder von dünnem Kupferblech, 5½ Zoll
h, und 3 Zoll im Durchmesser, in welchem eine spiral-
ig gewundene Kühlröhre, deren ganze Länge bis auf 8
s gehen mochte, sich hinaufwand. Das Thermometer hatte
n Cylinder von der Höhe des Gefäfses, und war so em-
lich, dafs es 0,02 eines Grades angab. Um mit einem
igen Quantum Gas einen anhaltenden Strom durch das Ca-
eter zu leiten, bediente man sich zweier Gasometer, aus
einem abwechselnd die Luft in das andere getrieben
le. Bevor sie durch das Calorimeter ging, mufste sie eine
e von mehr als 3 Fufs Länge durchwandern, die mit ei-
weiten, weitern Röhre umgeben war, durch welche be-
ig heifser Wasserdampf strömte. Um die Operation zu
leunigen, wurde das Calorimeter, dessen Inhalt mit In-
ff der metallenen Hülle einer Wassermasse von 596,8
men gleich war, vorher durch eine Weingeistlampe nahe
zu derjenigen Temperatur erwärmt, welche die Wirkung
Gases demselben im Maximum zu ertheilen vermochte.
ann beobachtete man die Zunahme der Erwärmung von 10
10 Minuten. Da aber diese in der Nähe des Maximums
zu langsam vor sich ging, so würde, wenn das Thermo-
ter noch um einige Zehntel gerade unter der stationären Höhe
r, die Temperatur des Calorimeters durch Annäherung eines
tzten Körpers ein wenig über das Maximum hinaufgebracht,
nachher der Gang der allmäligen Erkältung des Instru-
ts alle 10 Minuten notirt, und der Versuch geschlossen,
n die Langsamkeit der Aenderung des Thermometers zeigte,
man der stationären Höhe in absteigender Richtung eben
nahe war, als vorher in aufsteigender. Die Erwärmung
hte ungefähr 16 bis 20 hunderttheilige Grade betragen,
end dem das Gas etwa 70 Grade verlor. Für andere zu-
ge Quellen der Wärme, z. B. die Mittheilung durch die
ngsröhren wurde sorgfältig Rechnung getragen, und eben
ür die äufsere Erkältung des Apparats[1].

---

[1] ... de Ph. LXXVI. 155. Von ähnlicher Beschaffenheit ist der
...rat, vermittelst dessen DESPRETZ die latente Wärme der Dämpfe
... Vergl. *Dampf, latende Wärme desselben.*

Die Einfachheit und Bequemlichkeit des *Wassercalorimeters* bewog seinen ersten Erfinder, dasselbe auch auf die Prüfung tropfbar flüssiger Stoffe anzuwenden. Er gebrauchte statt des Kühlrohres ein kleines Fläschchen aus dünnem Kupferblech, welches, mit der zu prüfenden Substanz gefüllt, in das Wasser des Calorimeters getaucht wurde. Rumford hatte ihm zur Vergröſserung der Oberfläche die Form eines doppelten Kreuzes gegeben, es wog nur 76 Grammen; und seine specifische Wärme war der von 8,36 Gr. Wasser gleich. Es wurde durch einen langen Kork verschlossen, der zugleich als Handhabe diente, um beim Eintauchen desselben die Hand vom Wasser hinreichend entfernt zu halten. Das Wassergefäſs ebenfalls aus Kupferblech, war ein offener Cylinder von 2 Zoll Durchmesser, und 4¾ Höhe, nur 74,65 Grammen an Gewicht, und mit Einschluſs seines Thermometers an specifischer Wärme 24,3 Grammen Wasser gleich. Es stand in einem gröſsern Cylinder, und der Zwischenraum zwischen beiden war mit Eiderdunen ausgefüllt, um den Wärmeverlust durch Ausstrahlung zu hindern. Das Fläschchen mit der Flüssigkeit wurde nun eine geraume Zeit in einen groſsen Eimer Wasser getaucht, dessen Wärme von derjenigen des Zimmers wenig verschieden war, und nachher so schnell als möglich in den Cylinder übergetragen. Den Gang der Rechnung zeigt folgender *Versuch mit gereinigtem Rübsamenöl.* Wassermasse im Cylinder = 180 Gram. bei 15, 28 C. Wärme. Temperatur des Wassers im Eimer 6°, 94 C. Masse des Oels im Fläschchen = 82, 55 Gram. von eben der Temperatur. Nach 3 bis 4 Minuten fiel das Thermometer im Cylinder auf 13°, 75 C. blieb da eine geraume Zeit stehen, und fing dann wieder an zu steigen. Das Wasser im Cylinder war also um 1°, 53 C. erkältet, das Oel im Fläschchen um 6°, 81 C. erwärmt worden.

Man hat nun 180 + 24,3 Gram. = 204,3 Gr. Wasser multiplicirt mit 1°,52 C. Erkältung = 312,58 Gram. Wasser von 1° C. Wärme. Das Oelfläschchen hatte folglich durch das Eintauchen sich so viel Wärme angeeignet, als nöthig ist, um 312, 58 Gram. Wasser um 1° zu erwärmen. Dagegen hatte seine eigene Temperatur um 6°, 81 C zugenommen. Um die Erwärmung des Oels besonders zu haben, muſs man die Erwärmung des leeren Fläschchens, dessen specifische Wärme mit den vom Ein-

tauchen ihm anhängenden Wasser auf 9,4 Gr. Wasser zu schätzen ist, aus dem Resultat ausscheiden. Sie beträgt 9,4 × 6,81 = 64,01 Gr. Wasser von 1° C, Wärme. Man hat also 312,58 — 64,01 = 248,57 Gram. Wasser von 1° C Wärme, welche die Temperatur von 82,55 Grammen Oel um 6°,81 C erhöht haben. Jene 248,57 Grammen Wasser von 1° C, sind aber gleich 36,5 Gram. Wasser von 6°,81 Wärme. Da nun bei gleicher Temperatur die specifischen Wärmen sich umgekehrt wie die Massen verhalten, so hat man für die specifische Wärme des Oels 82,55 : 36,5 = 1 : 0,442. Andere Versuche gaben sie 0,452.

Bei einer Darstellung der verschiedenen Bemühungen, die specifische Wärme der Körper zu bestimmen, dürfte es nicht am unrechten Orte seyn, auch einer Methode zu erwähnen, die, wenn sie auch nicht ein eigentliches calorimetrisches Werkzeug darbietet, doch nicht minder genaue Angaben über die specifische Wärme geliefert hat. Das Element der Vergleichung ist hier nicht die *Wärme* selbst, welche der zu prüfende Körper dem umgebenden Fluidum abgiebt oder entzieht, sondern es ist die *Zeit*, in welcher der Wärmeumtausch vor sich geht. Die erste Idee dieser Methode verdanken wir dem Prof. Mayer in Göttingen, welcher fand, dafs die Geschwindigkeiten, mit welchen verschiedene Stoffe unter gleichen äufsern Umständen sich erkälten, ihren specifischen Wärmen proportional seyen. Die Versuche von Leslie, Boeckmann, und die von Dulong und Petit haben seither ihre Zweckmäfsigkeit ganz aufser Zweifel gesetzt. Sie ist jedoch hauptsächlich zwei Schwierigkeiten unterworfen: nämlich erstens, der Ungleichheit des Wärmeverlustes, die durch das verschiedene Ausstrahlungsvermögen der Oberfläche entsteht, und zweitens, der verschiedenen Geschwindigkeit, mit welcher der Wärmezuflufs aus dem Innern des Körpers an seine Oberfläche, je nach seinem Leitungsvermögen, vor sich geht. Die beiden letztern Physiker verwahrten sich gegen diese Fehler dadurch, dafs sie erstlich alle festen Substanzen in pulverisirtem Zustand in einen sehr *kleinen* Cylinder von dünnem Silberblech einschlossen, der ein empfindliches Thermometer enthielt; dafs sie zweitens die Stoffe höchstens 10 Grade über die Temperatur der Atmosphäre er-

wärmten, und drittens, dafs sie die Erkältung nicht in der freien Luft sondern in einem inwendig geschwärzten, rings-um mit schmelzendem Eise umgebenen Behälter vor sich gehen liefsen, in welchem die Luft bis auf die Spannung von ein Paar Millimeter verdünnt worden war. Dadurch wurde der Gang der Erkältung so langsam, dafs nicht nur die Einwirkung der verschiedenen Leitungsfähigkeit beseitigt, sondern auch bei der Feinheit des Thermometers, das halbe Hundertheile eines Grades erkennen liefs, die Momente der verschiedenen Erkältungsgrade mit grofser Genauigkeit sich angeben liefsen.

Das Rumfordsche Calorimeter, das, wie Biot bemerkt, eine vervollkommnete Anwendung der Theorie der Mischungen ist, läfst sich auch nach dem Obigen mit Nutzen zur Bestimmung des Wärmegrades erwärmter Körper gebrauchen. Wenn man z. B. in ein Gefäfs mit Wasser ein erhitztes Stück Metall legt, so wird es dem Wasser so viel Wärme mittheilen, als dieses nach seiner Masse und seiner Wärme-Capacität aufzunehmen fähig ist; dergestalt, dafs wenn t die Temperatur des erhitzten Körpers, m seine Masse, und c seine specifische Wärme bedeutet, T, M und C ebendieses für das Wasser bezeichnen, t. m. c = T. M. C; woraus sich die Temperatur $t = \frac{T\,M\,C}{m\,c}$ ergiebt.

Beispiel. Ein Kilogramm Eisen beinahe bis zur Schmelzhitze erwärmt, wurde in 9,615 Kilogrammen Wasser abgekühlt, und die Temperatur des Letztern dadurch um 20 hunderttheilige Grade gehoben. Könnte man annehmen, dafs die specifische Wärme des Eisens bei allen Temperaturen die nämliche sey, so hätte man c = 0,11; C = 1; m = 1; M = 9,615; T = 20; mithin $t = \frac{20 \times 9{,}615}{0{,}11} = 1749$ hunderttheilige Grade, für die Temperatur des Eisens nahe an der Schmelzhitze. Ueberhaupt ist das Calorimeter zur Schätzung von Wärmeentwickelungen jeder Art, die durch Verbrennen, Athmen, Mischung flüfsiger Stoffe vor sich gehen, ein sehr brauchbares Werkzeug. Die wichtige Rolle, welche die Lehre der specifischen Wärme in der Erforschung der innern Beschaffenheit der Körper spielt, erhebt dasselbe in den Rang derjeni-

gen Instrumente, welche der Physik die wesentlichsten Dienste geleistet haben [1].

Gas-Calorimeter, nannte TILLOCH einen Wärmemesser, ein Thermoskop, vermittelst dessen er die Wärme messen will, welche durch Verdichtung der Luft frei, und durch Verdünnung derselben gebunden wird. Die thermoskopische Substanz ist eine gefärbte Flüssigkeit in einem hohlen metallenen Gefäſse, welches ein anderes, gleichgeformtes, etwas kleineres umschlieſst. Im letzteren wird die Luft durch Quecksilber zusammengedrückt, und theilt die entbundene Wärme der Flüssigkeit im erstern mit, deren Ausdehnung durch das Aufsteigen in eine Thermometerröhre gemessen wird. Indem in den Apparat nur mit Mühe, oder überhaupt nicht verschiedene Gasarten gebracht werden können, derselbe ohnehin für feine Temperatur-Unterschiede zu voluminös und im Allgemeinen zu sehr zusammengesetzt ist, so erfüllt er hienach die Erfordernisse eines zweckmässigen physikalischen Apparats keineswegs, und verdient daher keine weitere Beachtung [2].

Der Name *Calorimeter* bezeichnet nicht nur die erwähnten Werkzeuge zur Bestimmung des Wärmegehaltes verschiedener Körper, sondern ist auch einem Instrumente zu Theil geworden, das mehr für ökonomische, als für wissenschaftliche Zwecke bestimmt ist. Es wurde von MONTGOLFIER angegeben, um die Hitze zu bestimmen, welche verschiedene Brennstoffe in einer gewissen Zeit hervorbringen. In einem Cylinder von Kupfer oder Holz befindet sich eine Art Ofen, in Gestalt eines an beiden Enden abgestumpften Doppelconus, in dessen mittlerer Grundfläche ein Rost für die Aufnahme des

---

1 Man sehe hierüber: In BIOTS Lehrbüchern der Physik das Capitel von Calorique latent, im Dictionnaire technologique den Artikel *Chaleur* von CLÉMENT, die oben erwähnte Abhandlung RUMFORDS in Gilberts Annalen. XLIV. 1. XLV. 1. die von PETIT und DULONG in den Annales de Chim. X. pag. 395, und von LAROCHE und BERARD, im Journal de Physique 1813. Tom 76. pag. 155. LESLIE's Experimental Inquiry into the nature and propagation of heat. London. 1804. I. T. MAYER über die Modification des Wärmestoffs. BOECKMANN, Versuch über die Wärmeleitung verschiedener Körper. 1812.

2 Phil. Mag. VIII. 216 Vergl. Scherers J. VII. 433.

Brennstoffes liegt. Die untere Oeffnung dieses Conus tritt durch den Boden des mit Wasser angefüllten Cylinders hinaus, um dem Ofen frische Luft zuzuführen; die obere endigt sich in ein rechtwinklicht umgebogenes horizontal fortlaufendes Rauchrohr, welches zur vollständigen Benutzung der Wärme noch mit einem weitern Rohre umgeben ist, das, mit Wasser angefüllt, mit dem Wasser des Cylinders in Verbindung steht. So ist also der Ofen ganz mit Wasser umgeben, und alle in demselben entwickelte Wärme wird auf die Erhitzung des Letztern verwendet. Nachdem man durch ein am obern Ende des Conus angebrachtes verticales Rohr, das nach Volumen oder Gewicht bestimmte Brennmaterial hineingeworfen und angezündet hat, braucht man nur den Moment abzuwarten, da das Wasser ins Kochen geräth. Das Feuer wird nun sogleich ausgelöscht, und die Quantität des verbrauchten Brennstoffes bestimmt. Sobald der Apparat wieder auf die vorige Temperatur heruntergekommen ist, kann zu einem zweiten vergleichenden Versuche mit einem andern Brennmaterial geschritten werden.

Gegen diese Einrichtung hat der königl. Fabrik-Commissär May in Berlin verschiedene Einwendungen gemacht, die hauptsächlich in folgendem bestehen:

1. Da der Cylinder oben ganz verschlossen, auch kein in das Wasser reichendes Thermometer angebracht ist, so hält es schwer, den Moment, wo das Kochen eintritt, wahrzunehmen. Das Herauslassen von Wasser aus dem oben angebrachten Hahn, und die Prüfung desselben mit dem Thermometer (nach des Erfinders Vorschrift) ist zu weitläufig und ungewifs.

2. Die gänzliche Umschliefsung des Ofens vom Wasser macht es unmöglich, das Brennmaterial ordentlich einzulegen, oder überhaupt sich zu überzeugen, dafs es gut brenne, auch kann, da keine Schieber zur Abschliefsung des Luftzuges angebracht sind, das Feuer nicht schnell genug gelöscht werden.

3. Läfst sich aus dem unverbrannten Rest des Brennstoffes die Quantität des Verbrauchten nicht mit Sicherheit bestimmen, weil der Rückstand wegen gänzlich veränderter Beschaffenheit keine Vergleichung mit dem rohen Material gestattet.

Nur durch gänzliche Verzehrung des Brennstoffes läfst sich,

nach des Verfassers Ansicht, die einem gewissen Quantum zukommende Wärme-Entwickelung bestimmen. Das beste Mittel, sie zu messen, bietet die durch die Siedhitze beschleunigte Verdünstung des Wassers dar; um diese mit Genauigkeit zu bestimmen, giebt MAY seinem *Brennkraftmesser* folgende Einrichtung:

AA ist der cylindrische Wasserbehälter von Kupferblech, oben offen, unten bei d d umschliefst er wasserdicht den Ofen B, dessen unterer Theil b b d d cylindrisch ist. Bei t ist daselbst eine kleine Thüre mit einem Schieber angebracht, um nach dem Feuer sehen zu können, das auf dem Roste b b liegt. Der Trichter a a ist bestimmt, die Asche in ein untergesetztes Gefäfs abzuleiten. Aus B geht der Rauch durch das spiralförmig gewundene Zugrohr r r, und entweicht nach erfolgter Abkühlung durch das senkrechte Rohr p. Die Kappe q kann zur Reinigung des Rohres weggenommen werden. Seitwärts am Wasserbehälter befindet sich, in Verbindung mit demselben, die aufrechte Röhre f, die oben bei l in einen Cylinder von 2 bis 3 Zoll Durchmesser sich erweitert, der nöthigen Falls von Glas seyn kann, und mit einer Scale versehen ist. Bei o wird die Röhre f durch eine Klappe verschlossen, welche vermittelst des Wagebalkens i k durch den hohlen, kupfernen Schwimmer s, (von cylindrischer oder sphärischer Form) geöffnet werden kann. Durch den Hahn h wird das Wasser des Behälters AA abgelassen. Nachdem der Behälter mit Wasser so weit angefüllt ist, dafs die Röhre r r davon bedeckt ist, wird die vollständige Füllung durch den Cylinder l bewerkstelligt: so wie das Wasser so weit angestiegen ist, dafs es den Schwimmer s zu heben vermag, schliefst sich die Klappe o; und öffnet sich nur, wenn durch Verdünstung des Wassers der Schwimmer gesenkt wird. Hat man beim Anzünden des Brennmaterials, und nach völliger Verzehrung desselben, den Stand des Wassers im Gefäfse l genau notirt, so erhält man das Quantum der Verdunstung, mithin auch nach Anbringung der nöthigen Correctionen für dasjenige, was in der gegebenen Zeit auch ohne Erwärmung verdunstet wäre, für die Einwirkung des Feuchtigkeitszustandes der Luft, für barometrischen Druck und Luftzug und Radiation des Gefäfses das relative Resultat der Wirkung des angewendeten Brennstoffes. Doch möchte es bei Versuchen dieser Art meistens zulässig seyn,

Fig. 4.

mit Beseitigung dieser Kleinigkeiten nur die Menge des verdunsteten Wassers durch das Product aus Brennmaterial und Zeit zu dividiren. Beim Versuche hat der Beobachter folgendes in Acht zu nehmen: 1. den kubischen Inhalt des zu verwendenden Brennmaterials, und auch sein Gewicht zu bestimmen; 2. zu bemerken, ob es mit, oder ohne Flamme brenne, auch ob es viel oder wenig Kohlen oder Rufs gebe; 3. die Zeit, die bis zum Sieden verfliefst, zu bestimmen; 4. die Menge des verdampften Wassers; 5. die dazu verwendete Zeit; 6. die Quantität der zurückgebliebenen Asche und Kohlen; 7. den Stand des Barometers; 8. den Stand des Thermometers. Da bei der Kleinheit des Ofens nur wenig auf einmal verbrannt werden kann, so mufs fleifsig nachgeworfen werden, damit der Ofen immer gleich gefüllt bleibe [1]. *H.*

Camera lucida.

Chambre claire; *Camera lucida.* Ein sehr sinnreiches, und bequemes optisches Instrument, das wie die Camera obscura zum Abzeichnen der Gegenstände nach der Natur dient, aber von dieser gerade dadurch wesentlich sich unterscheidet, dafs kein eingeschlossener Raum, keine Camera dabei ist. Es wurde im Jahr 1809 von Dr. Wollaston erfunden und mit dem erwähnten Namen bezeichnet [2]. Seine Einrichtung beruht auf folgendem: Wenn man vor einem Tische stehend durch eine Glastafel, die um 45° gegen den Horizont geneigt ist, auf ein, auf dem Tische liegendes Papier sieht, so wird man das Bild der vorliegenden Gegenstände mit dem Papier und einer hingehaltenen Bleifeder vereint erblicken, so dafs man mit dieser alle

---

1 Siehe über Montgolfiers Calorimeter das Journ. des Mines Vol. XIX. pag. 67. Gilb. Ann. Bd. 35. pag. 484. und Gehlens Journ. f. Chem und Physik. Band II. pag. 717. 1806. Eine Beschreibung des von Ma[illegible] vorgeschlagenen Brennkraftmessers giebt Hermbstädt in seinem Archiv d. Agriculturchemie. 3 Bd. pag. 231. und in seinem Bulletin des Wissenswdgsten. etc. Band V. pag. 193.

2 Schon früher hat Dr. Hooke eine aufser Gebrauch gekommene camera lucida angegeben, eine Vorrichtung, um helle Bilder von Gegenständen bei Tage oder bei Nacht auf einer Wand darzustellen. S. Phil. Trans. N. 38. p. 741.

scheinbaren Umrisse nachzeichnen kann. Allein die umgekehrte Lage des Bildes ist der deutlichen Auffassung hinderlich, und jede Verrückung des Auges mufs die Umrisse auf eine andere Stelle des Papiers bringen. Beiden Mängeln hat WOLLASTON auf eine äufserst glückliche Weise abgeholfen. Indem er das Bild zweimal reflectiren liefs, erschien es wieder in aufrechter Stellung, und der Winkel von 45°, unter welchen die spiegelnde Ebene a b geneigt war, wurde nun auf die zwei kleinern Spiegelflächen a c und b c vertheilt, und in einer Deckplatte *d d* über der Kante a ein kleines Loch zum Durchsehen angebracht, wodurch auch die unverrückte Stellung des Auges gesichert wurde. Die ganze Landschaft ist nun auf die Fläche a e zusammengedrängt, und ihre Projection nimmt nur die Breite eines schmalen Streifens = f c ein. Bei durchsichtigen Glasflächen ist die Spiegelung schwach, und wegen der gedoppelten Bilder leicht undeutlich: man müfste also metallene Spiegel gebrauchen; da aber diese undurchsichtig sind, so mufs man die Oeffnung im Deckel so verschieben, dafs, wenn das Auge in der Richtung O e steht, die Oeffnung der Pupille durch die Kante a halbirt wird. Dadurch empfängt das Auge zugleich sowohl die Strahlen, die vom Bilde auf a e als auch die, welche von der unterliegenden Papierfläche direct ihm zugesendet werden. Die Bilder beider Gegenstände vermischen sich im Densorium, und so kann der Beobachter die Umrisse des Gegenstandes mit der Bleifeder deutlich und genau verfolgen. Statt der Metallspiegel gebrauchte WOLLASTON ein gläsernes Prisma a b c e, dessen Flächen die Strahlen m n, n o, o p, welche unter einem Winkel von 22 bis 23 Graden auffallen, nicht mehr durchlassen, sondern ohne Lichtverlust reflectiren. Das Ganze kann wegen der Nähe des Auges äufserst eng zusammengefafst werden, so dafs ein Prisma, dessen Flächen nur 3 Linien Breite haben, seinem Zwecke vollkommen genügt. Die Entfernung des Prisma von der Papierfläche hängt von der Grösse ab, in welcher man das Bild entwerfen will; sie sollte jedoch nicht über $1\frac{1}{2}$ Fufs, und nicht unter $\frac{1}{2}$ Fufs betragen: die erstere Distanz wird durch die Länge des Armes bedingt, welcher der freien Bewegung wegen, nicht ganz ausgestreckt seyn darf, wobei wegen der vorgeneigten Lage des Kopfes das Auge in die Höhe der Schulter zu stehen kommt; der letztere

Fig. 5.

Fig. 6.

Abstand liefert allzukleine Bilder, bei welchen die Umrisse nicht mit der nöthigen Schärfe gegeben werden können. Kurzsichtige müssen vorne, am Prisma bei v ein für ihr Auge passendes Concavglas anbringen; weitsichtige ein convexes unterhalb desselben, bei x, um die Spitze der Bleifeder deutlich zu erkennen. Die Art, wie beide Gläser am Prisma angebracht sind, ist aus Fig. 7 zu ersehen. Die Deckplatte hat rechts einen über das Prisma hinausragenden Stiel, mit welchem sie um das Schräubchen x als Axe gedreht werden kann. Sie ist der eigentliche Regulator dieser kleinen Maschine. Durch einen leichten Anstofs mit dem Finger wird die Oeffnung verschoben, dafs, je nach Bedürfnifs mehr Strahlen vom Bilde in's Prisma, oder mehr vom Papier in's Auge gelangen. Der Arm, an welchem das Prisma festgemacht ist, steckt in einer cylindrischen Röhre von etwa 10 Zoll Länge, und dient als Verlängerung desselben. Als Fufsstück dient ein Klotz Messing, in welchem die Röhre eine Zapfenbewegung hat, um ihr die erforderliche Neigung geben zu können.

Fig. 7.

Statt des Klotzes pflegte man auch eine etwas plump ausgefertigte messingene Schraubzwinge zu gebrauchen, mit welcher das Instrument an einen Tisch oder an ein Bret angeschraubt werden kann.

Die Camera lucida ist für die Liebhaber der Landschaftzeichnung ein ungemein brauchbares Hülfsmittel. Sie dient auch dem geübtern Künstler zur schnellern Anordnung und Eintheilung seiner Bilder, und ist namentlich zur schnellen Entwerfung von Panoramen (Rundansichten) äufserst bequem. Besonders wichtig ist sie für die Darstellung von Architecturgegenständen, indem sie alle Theile in ihrer gehörigen Verkürzung, gerade so, wie man sie auf eine durchsichtige verticale Tafel zeichnen würde, giebt; eben so treffliche Dienste leistet sie bei Abbildungen von Instrumenten; ein fertiger Zeichner kann sie sogar zur Entwerfung menschlicher Profile gebrauchen. Sie ist überhaupt eine allgemeine Copirmaschine für Zeichnungen. Man braucht das Original nur in einer geringen Entfernung vom Prisma in guter Beleuchtung aufzuhängen, um jeden Contur wiederzugeben; die Gröfse der Copie hängt von der relativen Entfernung ab, die das Prisma vom Tische und von der Zeich-

nung, die man copiren will, erhält. Doch darf bei allen diesen Anwendungen nicht vergessen werden, dafs das Feld, in welchem die Abbildungen genau ausfallen, ziemlich beschränkt ist, und es hält z. B. schwer, ein Quadrat, oder einen Kreis genau zu copiren. Es gründet sich dieses auf die allgemeinen Regeln der perspectivischen Entwerfung, denen zufolge der Winkel, den die Gränzen eines Bildes im Auge des Beobachters machen, nicht viel über 30 Grade betragen darf, wenn die vom Mittel entferntern Gegenstände nicht verzerrt werden sollen. Im Ganzen nehmen die Bilder, welche die Camera lucida liefert, etwa den Raum eines Quartblattes ein; allein nur ein Viertheil dieses Raumes, der diejenigen Gegenstände abbildet, welchen das Instrument gerade gegenübersteht, bildet sie in gleicher Ausdehnung ab.

Beim Gebrauch hat man vorzüglich darauf zu sehen, dafs man den Kopf hinreichend vorwärts neige, ganz senkrecht hinunter sehe, und das Auge möglichst nahe auf das Prisma halte: auch ist es nicht undienlich, das Prisma dergestalt um seine Axe zu drehen, dafs die Kante a c beinahe in lothrechte Richtung komme, wodurch ihre Entwerfung noch schmaler wird, und die Bilder noch mehr der Kante a genähert werden. Gehörige Verschiebung des Regulator d, für jeden einzelnen Gegenstand, je nach seiner Beleuchtung, hauptsächlich aber fleissige Uebung, machen bald die Schwierigkeiten verschwinden, durch welche mehrere Personen vom Gebrauch dieses nützlichen Instruments abgeschreckt worden sind.

Die Camera lucida läfst sich auch bequem bei Mikroskopen und Teleskopen anbringen, um vergröfserte Gegenstände zu entwerfen. Nur mufs die Röhre des Erstern eine horizontale Lage erhalten. Man kann das Prisma nur mit etwas Wachs an die äufsere Blendung des Oculars kleben, oder überhaupt so befestigen, dafs es um seine Längenaxe sich drehen lasse, und vor dem Ocular auf und nieder geschoben werden könne. Bei Gegenständen, wo die aufrechte Stellung nicht wesentlich ist, kann man auch bequem irgend eine schmale reflectirende Fläche, die unter etwa 45° geneigt ist, gebrauchen; so verfertigte Sömmerring seine Zeichnungen der durchs Microscop vergröfserten Bestandtheile der Augen von Menschen und Thieren mit Hülfe

eines wohlpolirten Stahlplättchens, das die Deckplatte der Unruhe einer Taschenuhr gewesen war[1].

Eben so kann man zur vergröſserten Entwerfung einer Landschaft entweder die unter 45° geneigte durchsichtige Glasfläche, oder einen an seiner Kante schräg abgeschnittenen gröſsern oder kleinern Metallspiegel vor das Ocular eines astronomischen, also verkehrt darstellenden, Fernrohrs, z. B. eines Kometensuchers anbringen, wodurch man sowohl an Vergröſserung des Bildes, als auch an Ausdehnung des Gesichtsfeldes gewinnt.

Der durch verschiedene sinnreiche Erfindungen in der praktischen Optik bekannte Profeſsor Amici in Modena hat im Jahr 1816 noch andere Einrichtungen für den nämlichen Endzweck vorgeschlagen. Er verwirft Wollastons Methode, weil viele Personen Schwierigkeiten finden, auf diese Weise die Bleifeder zu sehen, und kehrt zur frühern mit der durchsichtigen Tafel zurück. Sein erster Vorschlag ist ganz übereinstimmend mit der Einrichtung, welche im Jahr 1812 Professor Lüdike in Meissen[2] mitgetheilt hat. C D ist ein Metallspiegel, der die aus m ankommenden Strahlen auf die durchsichtige Glastafel A B sendet, von welcher sie in's Auge reflectirt werden, das dann zugleich durch die Glastafel das Papier erblickt. Beide Erfinder suchten das Unangenehme der doppelten Reflection auf der durchsichtigen Tafel zu vermeiden, Lüdike indem er vorschlug, sie möglichst dünn zu machen, Amici indem er ihr eine Dicke von drei Linien gab, und diejenigen Stellen auf der untern Seite, auf denen die schädliche Reflection statt fand, matt schliff. Gesetzt, der Strahl m n werde nach o reflectirt, so wird ein Theil desselben in der Richtung o p in's Auge gehen, während dem der andere nach p, und von da nach r gebrochen wird, um in der Richtung r s in's Auge zu gelangen. Sind die Glasflächen genau parallel, so werden auch die Strahlen o p und r s parallel gehen, und es entsteht keine Undeutlichkeit; ist aber das Glas nur ein wenig prismatisch, so werden die Bilder doppelt; es ist daher rathsam, die hin-

Fig. 8.

---

1 S. dessen Dissertat. de oculorum hominis animaliumque sectione horizont. Gott. 1818. fol. und G. XLI. 110.

2 G. XLII. 338.

tere Fläche, die oberhalb q doch von keinem Nutzen ist, entweder matt zu machen, oder in der Richtung q r ganz wegzuschneiden. Um einen vollkommenen Parallelismus der Flächen zu erhalten, giebt Amici den Rath, das Glas A B aus zwei flachen Prismen zusammenzusetzen, die dann gehörig gegen einander geneigt werden können.

Eine zweite Combination setzt den Spiegel B D hinter die Glastafel auf die Seite des Beobachters. Die Strahlen aus m gelangen durch das Glas nach n, und durch die zwei folgenden Reflectionen nach o und p. Bei ihrem Durchgang durch die Glastafel erleiden sie einigen, jedoch unbedeutenden, Lichtverlust; dieser aber wird reichlich aufgewogen durch das großse Gesichtsfeld, das diese Construction mit sich bringt, und durch den Vortheil, wegen des geringen Einfallswinkels bei n, einen Glasspiegel gebrauchen zu können. Fig. 9.

In Amici's dritter Einrichtung wird die Glastafel unter einem Winkel von 45° geneigt, und die Umkehrung des Bildes durch ein rechtwinkliges Prisma bewirkt, an dessen Hypotenusenfläche der Strahl m n in n′ reflectirt wird, und von n″ in gleichlaufender Richtung mit m n ausgeht. Bei dieser Gelegenheit räth Amici ebenfalls, wie Sömmerring that, einen kleinen Metallspiegel von elliptischer Form anzuwenden, der an einem sehr dünnen Stiel befestigt seyn mufs: er ist kleiner, als die Pupille, damit das Auge rings um denselben die directen Strahlen vom Papier erhalte. Fig. 10.

Der Erfinder ist endlich bei einer vierten Art stehen geblieben, die von der ersten sich nur dadurch unterscheidet, dafs statt des Metallspiegels ein Prisma gebraucht wird, in derjenigen Stellung, wie die Figur sie zeigt. Es ist bei dieser Einrichtung hauptsächlich darauf zu sehen, dafs keine Strahlen vom Prisma selbst, aus der Gegend von n″ in's Auge kommen. Diesem sucht Amici durch ein oben angebrachtes Blech zu begegnen, welches durch einen darin befindlichen Einschnitt dem Auge nur bis auf die nöthige Distanz hineinzublicken gestattet. Das letztere Instrument in seiner Fassung mit den dabei nöthigen Convex- und Concav-Gläsern ist aus der Zeichnung kenntlich. Fig. 11. Fig. 12.

So sehr auch Amici selbst, und die Herausgeber der Annales de Chimie, so wie auch Francoeur im Dictionn. Technologique (indem sie die Verfertigung dieser Werkzeuge bei den

französischen Optikern LEREBOURS und CHEVALIER anzeigen) die Vorzüge dieser Constructionen im Gegensatz zu WOLLASTON's Princip erheben, so finden beim Gebrauche der durchsichtigen Tafel doch zwei wesentliche Schwierigkeiten statt, die beim directen Sehen ganz wegfallen. Die eine liegt in der äufserst schwer zu beseitigenden Doppelreflection der Glastafel, die andere in dem Umstande, dafs man kein Mittel hat, das oft zu grelle Licht der von der Sonne beschienenen Gegenstände so zu modificiren, dafs es die Sichtbarkeit der Bleifeder nicht mehr hindere. Die Schwächung des Bildes durch gefärbte Gläser ist ein Hülfsmittel, das keine Abstufungen in seiner Wirkung zuläfst, dahingegen bei WOLLASTONS Methode es leicht ist, durch Verschiebung des Regulators die relative Helligkeit der beiden Objecte dem jedesmaligen Bedürfnifs anzupassen. Die Erfahrung hat auch gezeigt, dafs diejenigen Personen, denen nicht alles praktische Geschick überhaupt abging, durch Aufmerksamkeit und Uebung sich mit dem Gebrauche des Wollastonschen vertraut gemacht haben.

FRANCOEUR bemerkt, dafs der Optiker CHEVALIER, ehe AMICI's Vorschläge bekannt waren, bereits auf die, in Fig. 9 angegebene Construction gefallen sey; es ist dieses um so weniger zu bezweifeln, da wir oben gesehen haben, dafs der an neuen Ideen so reiche Italienische Optiker auch in ein Paar andern Vorschlägen mit LÜDKLE und SÖMMERRING die Ehre der ersten Erfindung theilen mufs[1]. *H.*

Camera obscura.

Dunkele Kammer; Chambre noire; *Dark chamber.* Ein eingeschlossener dunkler Raum, in welchen die von den umgebenden Objecten ausgehenden Lichtstrahlen nur durch eine einzige kleine Oeffnung dringen können, von der sie divergirend auf einer gegenüberstehenden Wand sich ausbreiten, und auf dieser eine mit den natürlichen Farben ver-

---

1 Siehe über WOLLASTONS Camera lucida Gilberts Ann. Bd. 34. pag. 353. und LÜDIKE's Aufsatz. ibid. Bd. 42. pag. 338. Eine vollständige Uebersetzung von AMICI's Schrift in den Annal. de Chim. Tom. XXII. pag. 137.

sehene, jedoch verkehrt stehende, Abbildung der Gegenstände hervorbringen, wird im Allgemeinen mit diesem Namen belegt.

Es sey M M der eingeschlossene Raum, i ein durch ein Blech gebohrtes Loch in der Vorderwand, so klein, daſs es nur wenige, gleichsam nur einen Strahl, von dem äuſsern Gegenstande A C B durchgehen läſst. Auf diese Weise erhält jeder von A C B ausgehende Strahl auf der Wand in b c a seine bestimmte Stelle, die ihm von keinem andern streitig gemacht werden kann. Diese Strahlen reihen sich demnach auf der Wand in eben der Ordnung an einander an, wie sie am Object selbst liegen; und erzeigen dadurch ein getreues Bild desselben, das jedoch, weil sie in der Oeffnung i sich durchkreuzen, verkehrt ist. Die Gröſse des Bildes richtet sich nach der Ausbreitung des optischen Winkels, unter welchem das Object in i gesehen wird, auf der gegenüberstehenden Wand, mithin nach der Entfernung dieser Wand von der Oeffnung i. Die Deutlichkeit desselben hängt von der Kleinheit der Oeffnung ab, die so enge seyn muſs, daſs nicht zwei verschiedene Strahlen parallel neben einander durchgehen können; diese Letztere ist dagegen der Sichtbarkeit des Bildes hinderlich, in so ferne nicht das Object auſserordentlich hell ist. Wird die Oeffnung gröſser, so nimmt die Erleuchtung des Bildes, aber auch zugleich seine Undeutlichkeit zu, bis endlich der Zufluſs mannichfacher Lichtstrahlen von allen Stellen des Objects jede bestimmte Gestalt verschwinden macht, und nur die eigenthümliche Farbe der Wand dem Auge sich darbietet.

Fig. 13.

Dem Mangel des Lichts, der von der Kleinheit der Oeffnung entsteht, kann man ohne Verlust der Deutlichkeit dadurch abhelfen, das man dieselbe auf 2 bis 3 Zolle erweitert, und ein convexes Glas einsetzt, deſsen Brennweite der Entfernung der Wand von i gleich ist. Dieses hat die Eigenschaft, alle Strahlen, die von einem Puncte des Gegenstandes auf seine ganze Fläche fallen, zu vereinigen, und sie auf eine bestimmte Stelle der Wand zu werfen. So bildet dieses Glas von jedem bemerkbaren Theile des Objects einen besondern Brennpunct auf der Wand, und die Summen aller dieser neben einander liegenden Puncte bietet dem Auge eine vollkommene deutliche, hinreichend erhellte, mit frischen Farben prangende Abbildung

dar, die jedoch wegen der oben bemerkten Durchkreuzung der Lichtstrahlen in i ebenfalls verkehrt erscheint.

Diese unterhaltende der Malerei dienliche, und durch ihre spätere Anwendung auf die Theorie des Sehens auch der Physik nützliche Vorrichtung ward um die Mitte des sechzehnten Jahrhunderts von dem Neapolitaner Johann Baptist Porta erfunden, einem Gelehrten, der sich durch gründliche Forschungen in den Naturwissenschaften, so gut es damals möglich war, so wie durch Verbreitung nützlicher Kenntnisse große Verdienste erwarb. In seiner magia naturalis, Neap. 1558. fol. erklärt er das Eigenthümliche beider Arten der Camera obscura, und ihren Nutzen zur Abbildung natürlicher Gegenstände; ja er versuchte es sogar mit kleinen gemalten Bildern, die er in umgekehrter Stellung, stark von der Sonne beleuchtet, vor das Glas brachte und vergrößert und aufrecht an der innern Wand des verfinsterten Zimmers erscheinen ließs. Da er ihnen einige Bewegung geben konnte, so stellte er auf diese Art Jagden, Schlachten u. dergl. vor, was in jener Zeit übernatürlich schien. Dieser leitete, später den Pater Kircher auf die Erfindung der Zauberlaterne, durch welche sich das Nämliche mittelst künstlicher Beleuchtung bei Nacht eben so bequem darstellen läßt, und die noch jetzt ein Hauptinstrument in der sogenannten belustigenden Physik ausmacht.

Die Darstellungen der *Camera obscura* zeichnen sich durch die Schönheit und Harmonie der Farben, durch die Zartheit ihrer Umrisse, und eine gewisse, von der Unvollkommenheit der Gläser und Spiegel herrührende, Weichheit des Bildes aus, die weder die Camera lucida, noch der Malerspiegel (ein am Rücken geschwärztes planconvexes Glas) zu geben vermögen. Sodann trägt das Bewegliche der Figuren ungemein viel zu ihrer Annehmlichkeit bei, so daß, wer die Aussicht auf einen belebten, von der Sonne beschienenen Platz hat, es nicht bereuen darf, ein Zimmer für diesen Zweck einigermaßen einzurichten. Es bedarf dazu weiter nichts, als eine hinlängliche Verdunkelung desselben durch äußere Fensterladen, oder inwendig eingepaßte Fensterrahmen von Carton, ein Objectiv von etwa 5 Fuß Brennweite, und eine mit weißem Papier beklebte Tafel, die im Brennpunct des Objectivs hingestellt wird. Die Umkehrung des Bildes wird am besten durch ein rechtwinkliches

Fig. 14.

gläsernes Prisma A B C bewirkt, in welchem die Strahlen an der Hypotenusenfläche A B reflectirt werden. Da solche Prismen, wegen der Schwierigkeit, große streifenfreie Glasmassen zu erhalten, nicht leicht in erforderlicher Gröfse zu finden sind, so dürfte es nicht unzweckmäfsig seyn, hier zu bemerken, dafs das untere Drittel des Prisma D E C weniger wichtig ist, weil die parallel mit der Basis einfallenden Strahlen dieselbe nicht mehr erreichen können. Gröfsere Prismen könnte man aus Tafeln von gutem Spiegelglase zusammensetzen, und mit Wasser oder Weingeist füllen.

Fig. 14.

Die nämliche Umkehrung des Bildes durch ein Prisma läfst sich auch für eine kleinere Einrichtung ähnlicher Art benutzen, wobei das Zimmer nicht sehr finster zu seyn braucht. In einer wohlgelegenen, etwas dunkeln Ecke desselben wird die Mauer schräg durchbrochen, und auf der äufsern Seite A A ein Objectiv eingesetzt, dessen Brennweite ungefähr der Mauerdicke gleich ist. An der innern Seite der Wand J hängt ein gewöhnlicher Bilderrahmen m m mit einem mattgeschliffenen Glase, auf welchem die äufsern Gegenstände sich abbilden; ein Prisma P von mäfsiger Gröfse dient zur Aufrechtstellung dieses beweglichen Gemäldes.

Fig. 15.

Beide Arten der Entwerfung des Bildes, auf einem Papier oder auf der mattgeschliffenen Glastafel, werden auch da angewandt, wo die *Camera obscura* kein Zimmer, sondern ein Kasten ist, in welchen der Beobachter hineinsieht. Das Bild wird hier nicht auf eine verticale, sondern auf eine horizontale Ebene geworfen; daher die Umkehrung desselben durch einen um 45° geneigten Planspiegel ohne Mühe bewerkstelligt wird. Der Spiegel kann bei diesem Reflexionswinkel von Glas seyn, nur müssen seine Flächen gut bearbeitet seyn, und nicht die Längenfurchen der meisten Glasspiegel haben. Man kann sich von seiner Tauglichkeit durch den directen Versuch, oder vorher auch dadurch überzeugen, wenn man mit einem mäfsig vergröfsernden Fernrohr reflectirte Gegenstände in demselben betrachtet. Werden diese nicht undeutlich, so ist der Spiegel gewifs gut. Man verfertigt auch rechtwinklichte Glasprismen, an denen die eine Kathetenfläche nach der erforderlichen Brennweite convex geschliffen ist; die horizontalen Strahlen werden

Fig. 16. alsdann auf der schrägen Fläche nach unten reflectirt, wie aus der Zeichnung zu ersehen ist.

Diejenige Einrichtung, in welcher das Bild auf einem halbdurchsichtigen, mattgeschliffenen Glase oder einem geölten Papier erscheint, ist gewöhnlich von kleinerem Format, als die andere, die ungleich schönere Bilder lifert. Bei der Erstern wird das Bild aufwärts, bei der Letztern niederwärts reflectirt. Die Ausschliefsung alles fremden Lichtes ist bei jener nicht so wesentlich; es genügt, durch die am Deckel angebrachten Kreissectoren das Seitenlicht abzuhalten. Das Gehäuse der letztern Art ist entweder von dünnen Brettern B B B, die in Charnieren beweglich sich zusammenklappen lassen, so dafs das Ganze eine Schachtel A A von mäfsiger Gröfse ausmacht; oder es besteht aus zusammengefügten Stäben, die mit einem dichten, überall anschliefsenden Mantel umgeben werden. Das obere Kästchen, welches das Objectiv und den Spiegel enthält, läfst sich vermittelst eines Getriebes t, das in eine gezähnte Stange eingreift, nach Bedürfnifs auf- und niederschieben. Der Spiegel s s wird durch den Knopf d in die erforderliche Neigung gebracht. Da es, zumal im Sonnenscheine, beschwerlich ist, in einem solchen eingeschlossenen Raume lange zu verweilen, so thut man besser, in die auf der Seite des Beobachters befindliche Wand ein ovales Loch einzuschneiden, in welches man nur einen Theil des Kopfes hineinhält, und nach Belieben wieder zurückziehen kann. Ein unterhalb hineingehender Aermel verschafft der Hand des Zeichners den Zutritt. Bei dieser Einrichtung kann dann auch das von unten eindringende, am meisten schädliche Licht ausgeshlossen werden, was bei dem über den Beobachter hängenden Mantel schwieriger ist. Die Brennweite des Objectivs variirt zwischen 20 und 30 Zollen. Nach WOLLASTONS Rathe soll dasselbe periskopisch, d. h. ein Meniskus seyn, dessen concave Seite dem Object zugekehrt ist, und von welchem die Radien der Krümmungsflächen, zu Folge der Erfahrungen von CAUCHOIX, wie 5 zu 8 sich verhalten sollen. Wegen der vollkommnern Gestalt und der gröfsern Oeffnung möchten auch achromatische Objective (z. B. von Kometensuchern) schöne und helle Bilder geben.

Fig. 17. Fig. 18.

Vor Erfindung der Camera lucida war die Camera obscura eine sehr nützliche Hülfe zur schnellen und richtigen

Zeichnung einer Landschaft oder anderer Gegenstände. Sie ist es noch in den, auch nicht seltenen Fällen, wo man die Entwerfung gröfser haben will, als das neue Instrument sie liefert. Ihr wichtigster Nutzen aber für den Künstler besteht darin, dafs sie ihm die schönsten Vorbilder für das Colorit seiner Landschaft liefert.

Die *Camera clara* ist von dem unter Fig. 17. beschriebenen Apparat dadurch verschieden, dafs man statt des mattgeschliffenen Planglases eine grofse Glaslinse von nicht gar langer Brennweite anbringt, auf welcher das Bild sich mit scharfen Umrissen und lebhafter Färbung zeigt. Man erhält hierdurch eigentlich ein astronomisches Fernrohr aus zwei Convex-Gläsern, dessen Axe in der Mitte durch den schräg liegenden Spiegel gebrochen ist, und der Beobachter sieht alsdann nicht die Entwerfung des Bildes, sondern das Bild selbst. Das Auge steht hiebei in einiger Entfernung vor der Linse, und mufs durch Seitenwände gegen allzustarkes äufseres Licht geschützt werden. Ein gewisser Storer in England bringt noch über der Glaslinse die mattgeschliffene Glastafel an, auf welcher das Bild sich schärfer als bei der Camera obscura zeigen soll. *H.*

Capillarität.

Capillar-Anziehung, Capillar-Attraction, Haarröhrchen-Anziehung; *Attractio capillaris*, Capillarité, Attraction capillaire; *capillary attraction* or *attraction of capillary tubes*. Dieser entgegengesetzt ist die Capillar-Depression, Haarröhrchen-Abstofsung; *Depressio capillaris;* Depression capillaire; *capillary depression.* Unter jener versteht man die Erscheinung, dafs Flüssigkeiten in engen Röhren, welche von ihnen benetzt werden, über ihr Niveau aufsteigen, unter dieser, dafs sie unter dasselbe hinabsinken, wenn sie die Oberfläche des Haarröhrchens nicht benetzen.

Die Erscheinung selbst ist so oft und so allgemein vorkommend, dafs sie schon in den ältesten Zeiten beobachtet werden mufste, und als den Gesetzen der Natur zuwider von den Physikern sehr aufmerksam in nähere Betrachtung gezogen wurde. Zuerst soll Franciscus Aggiunti, Leibarzt des Grofsherzogs von

Toscana, einer der Gründer der Academia del Cimento (starb 1685) auf das Phänomen aufmerksam gemacht haben.[1] Der Jesuit HONORATUS FABRY[2] und aus ihm IOH. CHRISTOPH STURM[3] erwähnt in der Hauptsache, daſs Wasser in gläsernen Röhren nicht ohne Einfluſs ihrer Länge zu einer dem Durchmesser umgekehrt proportionalen Höhe steige, und erklärt dieses aus dem im Innern der Röhre geringern Luftdrucke. Die Neuheit der nicht lange vorher erfundenen Luftpumpe und das Bestreben, die Erscheinung der Capillarität denjenigen anzureihen, welche jenes interessante Werkzeug darbot, richtete die Aufmerksamkeit mehrerer Gelehrten auf dieselbe, so daſs sich unter andern ROHAULT[4], BOYLE[5], SINCLAIR[6], MAIRAN[7] und LEEUWENHOEK[8] ernstlich damit beschäftigten, unter denen SINCLAIR auffand, daſs das Röhrchen benetzt seyn müsse, um die Wirkung hervorzubringen. Indem aber ISAAC VOSSIUS[9] das Entgegengesetzte, nämlich Depression beim Quecksilber in gläsernen Röhren wahrnahm, so glaubte er, das Wasser hänge vermöge seiner Zähigkeit an den Wänden des Glases. Künstlicher ist die Erklärung des BORELLUS[10], wonach das Wasser am unteren Theile der Röhre eine Art von Netz bilden und durch die Wirkung biegsamer Hebel in derselben aufsteigen soll. Nach IAC. BERNOULLI[11] passen die Luftkügelchen nicht genau in die engen Oeffnungen der Röhren, werden daher durch den Gegendruck gegen ihre Wände getragen, und dann treibt der stärkere Luftdruck von Auſsen sie in die Höhe. Zu diesem Luftdrucke nahm auch ROB. HOOKE[12] seine Zuflucht, und man darf diese Ansicht

1 LA LANDE Diss. sur la cause de l'élevation des liqueurs dans les tubes capillaires. à Par. 1770.

2 Scient. phys. Tract. V. L. II. Digress. 1.

3 Collegium experimentale sive curiosum. Norimb. 1676. 4. T. 1. tent. 8. p. 44.

4 Traité de Physique. Par. 1673. 1. cap. 22. §. 88.

5 Exper. phys. mech. exper. 9. p. 93. Phil. Trans. XI. 775.

6 Tractatus de gravitate. p. 161.

7 Mém. de l'Ac. 1722.

8 Continuat. Arcan. Nat. epist. 131.

9 De Nili et alior. fluminum origine. Hag. Com. 1666. cap. 2.

10 De mot. natural. a gravitate pendentibus. L. B. 1686. prop. 182 ff.

11 De gravit. aetheris. p. 289.

12 Micrographia. Obs. VII. COTES's hydrostat. cet. Lectures. Lect. XI.

für die allgemein geltende halten, bis Newton[1], Boyle[2] und Hawksbee[3] die wichtigsten dahin gehörigen Erscheinungen sowohl beim gewöhnlichen Luftdrucke als auch unter der Campane der Luftpumpe beobachteten, Lud. Carré[4] aber nebst Geoffroy aus ihren zahlreichen Versuchen fanden, dafs die Erscheinung wegfiel, wenn die innere Wand der Röhre mit einer noch so dünnen Lage Fett bestrichen war, wonach sie also durch das Anhängen der Wassertheilchen an der Oberfläche des Glases erzeugt werden mufste. Sie irrten indefs darin, dafs sie glaubten, die das Glas berührenden Wassertheilchen verlören ihr Gewicht ganz, und es müsse daher eine diesen gleiche Menge im Haarröhrchen aufsteigen, indem hiernach die Höhe des angehobenen Wassercylinders dem eingetauchten Theile der Röhre direct proportional seyn müfste. Jurin[5] wiederholte die früheren Versuche mit ungleich weiten Röhren sowohl unter dem gewöhnlichen Luftdrucke als auch im Guerickschen Vacuo, und erklärte das Aufsteigen des Wassers, wie Hawksbee, aus der Anziehung des Glases, welche dem die innere Wand berührenden Wasser die Schwere nähme. Dieser Ansicht trat auch Bülfinger[6] bei, mit dem Zusatze, dafs jedes Haarröhrchen gerade so viel Wasser anzuheben vermöge, als der gröfste Tropfen ausmacht, welcher unten an demselben, ohne herabzufallen, hängen bleibe. Hamilton[7] schrieb die Erscheinung einer Anziehung des untern Randes der Röhre gegen das Wasser zu und führte als Beweis hierfür an, dafs der Wassercylinder in einer horizontalen Röhre sich nach jeder Seite bewege, wohin man die Röhre neige, und blos dann hängen bleibe, wenn er den einen untern Rand berühre. Gegen dieses leicht zu widerlegende Argument hat sich Parkinson[8] weitläufig erklärt.

---

1 Optice. qu. XXXI. p. 317 ed. Clarke.

2 Cont. prima Exper. ad Exper. 27. p. 63. Cont. secund. Exper. ad exper. 9. p. 93.

3 Phil. Trans. XXV. 2223, XXVI. 258.

4 Mém. de Par. 1705. p. 245.

5 Phil. Trans. XXX. N. 355. 363. 759. 1083. Abridg. IV. 423. Com. Pet. III. 281.

6 Com. Pet. II. 233. III. 81.

7 Lectures cet. II. 47.

8 System of Mechanics and Hydrost. ch. v.

Bei weitem die meisten und vielfachst abgeänderten Versuche hat Musschenbroek[1] angestellt, und glaubt in Folge derselben die Ursache der Erscheinung in eine Anziehung des Glases der ganzen Röhre mit Einfluſs seiner Dicke setzen zu müssen. Weitbrecht[2] folgerte aus seinen genauen Versuchen sehr richtig, daſs sowohl die Anziehung des Glases gegen die Wassertheilchen, als auch dieser lezteren unter einander berücksichtigt werden müsse. Eben so richtig folgert Gellert[3], daſs geschmolzenes Blei in gläsernen und irdenen Haarröhrchen niedriger stehen müsse, als sein äuſseres Niveau, weil seinen Theilchen eine stärkere Anziehung gegen einander, als gegen die genannten Substanzen zukomme; und so müſsten also die Depressionen bei cylindrischen Röhren im umgekehrten Verhältnisse der Durchmesser, bei prismatischen aber im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln aus den Grundflächen stehen[4].

Am bekanntesten und am meisten geachtet waren bis auf die neueren Zeiten die Untersuchungen von Musschenbroek[5] und von de la Lande[6] über dieses Problem. Lezterer leitete die Erscheinung der Capillarattraction von der Anziehung des Wassers durch die inneren Wände der Glasröhre ab, wodurch der in Berührung befindliche Theil leichter werden, und so in die Höhe steigen müsse, bis das Gewicht der gehobenen Säule der Stärke der Anziehung gleich sey. Es muſs aber nach dieser Ansicht auch die Länge des eingetauchten Theiles einen Einfluſs auf die Höhe des Wassercylinders haben, ein Irrthum, auf welchen schon Carré durch theoretische Gründe geführt war. Später wollte v. Arnim[7] aus einer Reihe von Versuchen gefunden haben, daſs die Länge des nicht eingetauchten Theiles der Röhre die

1 Dissert. Phys. exper. de tubis capill. et attractione speculor. plan. vitreor. olim L. B. editae, nunc Viennae. 1753. 4.

2 Com. Pet. VIII. 261. IX. 275.

3 Ebend. XII. 293.

4 Vergl. Funccii Diss. de ascensu fluidorum in tubis capill. Comment. I et II. Lips. 1773. 4. du Tour in Rozier's J. 1778. fevr.

5 Introd. I. 368. §. 1045.

6 Dissert. sur la cause de l'élevat. des liqueurs dans les tubes cap. à Paris 1770. 12. Auch im Journ. des Sav. 1768. Nov. und in Tablettes des Scienses. I, 78.

7 G. IV. 375.

ihrer Anziehung gegen das Wasser vermehre, welche [...]tung Hällström[1] genügend widerlegt, nicht gerechnet, [...]s gegen die Resultate aller früheren Physiker streitet.

[...]eber die eigentliche Ursache der Erscheinungen, welche *[C]apillarität* gerechnet werden, kann gegenwärtig kein [...]mehr seyn. Es geht nämlich aus allen Versuchen unver-[...]ar hervor, dafs dieselbe in der Adhäsion der Flüssigkei-[...]p festen Körpern und ihrer einzelnen Theilchen unter ein-[...]t zu suchen sey, so dafs also diese Erscheinungen zur [...]*iehung* der wägbaren Materie im Allgemeinen und zu [...]igen besondern Modification derselben gehören, welche [...]em Namen *Adhäsion*[2] bezeichnet wird. Es werden so-[...]die Theilchen der Flüssigkeit die Erscheinungen der Ca-[...]ität zeigen, je nachdem die Adhäsion derselben zu einan-[...]der zu der Oberfläche des berührenden Körpers überwiegend [...] Eine Flächenanziehung oder eine Anziehung in der Berüh-[...]hat man aber deswegen hierbei anzunehmen, weil die Ca-[...]attraction sogleich in Capillardepression übergeht, wenn [...]Wände des eingetauchten Körpers mit der dünnsten Lage [...] Substanz überzogen werden, welcher die Flüssigkeit nur [...]g adhärirt, oder welche durch dieselbe nicht benetzt wird. *Capillardepression* des Quecksilbers in Glasröhren ist [...]lich blos das Gegentheil der *Capillarattraction*, und es [...]nöthig, ihre Erklärung mit Gren[3] in einer gröfseren Schwie-[...]it der Trennung der Theilchen des Metalles zu suchen, [...] anders unter dieser nicht die verhältnifsmäfsig gröfsere [...]ion dieser Theilchen gegen einander als gegen die Wände [...]ses verstanden wird.

[...]ne vortreffliche analytische Darstellung der Gesetze der [...]rität hat früher Clairaut[4] gegeben, vollständig aber und [...]ster der gröfsten Gewandtheit im scharfen analytischen

---

[1] G. XIV. 425. Vergl. XXVI. 479.
[2] S. *Adhäsion.*
[3] Grundrifs d. Naturl. p. 109.
[4] De la figure de la Terre. Par. 1743 2me ed. von Poisson. Par.

Calcüle ist dieselbe dargestellt durch DE LA PLACE[1], welche wiederum in leichtere Uebersicht nach ihrem wesentlichsten Inhalte mitgetheilt ist durch den Verfasser selbst[2] und durch BIOT[3], ausführlich übersetzt aber und mit Anmerkungen begleitet durch W. BRANDES[4]; eine leichte, in den Grenzen der elementaren Geometrie gehaltene Uebersicht derselben aber haben PESSUTI[5] und KRIES[6] gegeben. Es ist rathsam, sich hauptsächlich hieran zu halten, weil die ausführlichen Abhandlungen weitläuftig und mitunter dunkel, oder mindestens höchst schwierig zu verstehen sind, obgleich die Richtigkeit der Sache selbst bei genauerer Prüfung nicht bezweifelt werden kann[7].

LA PLACE nimmt zuerst mit HAWKSBEE und andern an, daſs die Haarröhrchenwirkung auf einer *Anziehung in unmeſsbare Ferne* beruhe, und daher bloſs die Oberfläche des Glaſes dabei thätig sey, wie auſser dem schon erwähnten Argumente auch noch daraus hervorgeht, daſs die Capillardepression im Barometer wegfällt, und sogar in Attraction verwandelt werden kann, wenn durch anhaltendes Kochen alle Luft und Feuchtigkeit entfernt ist, so daſs also eine äuſserst dünne Wasserschicht oder Luftschicht zwischen dem Quecksilber und dem Glase das Verhalten beider gegen einander zu modificiren vermag. Mit Unrecht nahm daher CLAIRAUT an, daſs die Kraft der Anziehung sich vom Rande des Glases bis in die Axe des Röhrchens erstrecke, indem vielmehr durch die anziehende Kraft der Röhrenwand nur eine dünne Wasserschicht gehoben wird, diese aber die ihr zunächstliegende hebt, diese wieder eine folgende u. s. w. bis das Gewicht der angehobenen Säule des Flüssigen den hebenden Kräften das Gleichgewicht hält. Die meiste Schwierigkeit des Verstehens der LA PLACEschen Theorie scheint bei

1 Théorie de l'action capillaire par Mr. LA PLACE. Par. 1806. 62 S. 4. Supplément à la Théorie de l'action capillaire par Mr. LA PLACE. ib. 1807. 78 S. 4.

2 J. de P. LXII. 120 u. 47. LXIII. 474. LXV. 88.

3 Bibl. Brit. 1806. Oct. G. XXV. 233. XXXIII. 117. Traité. 1. 437.

4 G. XXXIII. 1 bis 115. 117 bis 183. 273 bis 336. 367 bis 373.

5 Atti della Soc. Ital. T. XIV.

6 Gehlen J. IX. 104.

7 Vergl. vorzüglich die Darstellung der Capillartheorie durch BIOT in Traité. I. 437 ff.

die Behauptung dieses Geometers gemacht zu haben, dafs ...rümmung der Oberfläche des Flüssigen die Capillarität be... Es läfst sich indefs dieser Satz auf folgende Weise leicht ...lich machen.

...eht man nämlich von dem Grundsatze aus, dafs jedes ...es Theilchen einer Flüssigkeit nicht blofs der Schwere ...sondern zugleich auch eine Anziehung gegen jedes berüh... Theilchen ausübt und von demselben erleidet, so ist klar, ...les Theilchen dicht unter der gekrümmten Oberfläche ...ere Theilchen in derselben wirken kann, als in der ... Es sey zu diesem Ende A B eine Glasröhre, in wel... Flüssigkeit die gekrümmte Oberfläche q r bildet, a sey ...ilchen derselben unter dieser Oberfläche, b aber in der ..., so wird a seine herabziehende Wirkung auf mehrere ...ere Theilchen der Flüssigkeit in der gekrümmten Fläche ...en, als in der geraden m n, und da dieses nämliche ...andere Theilchen pafst, so wird dadurch die Summe ...ziehenden Kräfte zunehmen müssen. Die Curve, wel... gekrümmte Oberfläche in einer sie schneidenden Ebene ...ist zwar verschieden, und hängt von der Beschaffenheit ...sigkeit und dem Durchmesser der Röhre ab, allein man ... vorläufig immerhin als einen Kreis, und somit die ge... Oberfläche als ein Kugelsegment betrachten. Indem ...er Unterschied der Kugelfläche und der ebenen so ...fser wird, je kleiner der Halbmesser der Kugel ist, ...abziehenden Kräfte aber um so stärker wirken, je grös... ...ser Unterschied ist, so wird bei einerlei Flüssig... Stärke der herabziehenden Kräfte dem Halbmesser der ...umgekehrt proportional seyn, von welcher die obere ...g ein Segment bildet. Es lehrt aber schon der Augen..., dafs wenn in der Röhre A B die enthaltene Flüssigkeit ...ncave Oberfläche q p bildet, welche von der geraden m ...rt wird, das Gegentheil statt finden müsse, indem die ...gekrümmten Fläche liegenden Theile früher und weiter ... Anziehungssphäre von a rücken, mithin weniger herab... ...werden. Hiernach mufs aber eine Flüssigkeit, welche ...die Beschaffenheit der inneren Fläche der Röhre dispo...rd, eine concave Oberfläche zu bilden, in derselben ...stehen als aufserhalb, und im entgegengesetzten Falle

Fig. 19.

Fig. 20.

tiefer herabgedrückt werden, und da die heraufwärts oder herabwärts ziehenden Kräfte den Halbmesser den Krümmungen umgekehrt proportional sind, so werden auch die Erhöhungen oder Vertiefungen der in ein Haarröhrchen eingeschlossene Flüssigkeiten über oder unter das Niveau der umgebenden Flüssigkeit diesen Halbmessern proportional seyn.

Man kann auf diesem Wege leicht zu einem geometrischen Beweise des durch zahlreiche ältere Erfahrungen schon aufgefundenen Hauptsatzes der Capillarität gelangen, *daſs nämlich die Höhen, bis zu welchen gleichartige Flüssigkeiten über das äuſsere Niveau aufsteigen, den Durchmessern der Röhren umgekehrt proportional sind.* Zu diesem Ende seyen A B und a b die Durchschnitte zweier ungleich weiten Röhren, m r n und p s q der gekrümmten Oberfläche, welche eine gleichartige Flüssigkeit bildet, deren Neigungen gegen die inneren Flächen der Röhren daher gleich sind. Werden nun diese Neigungen durch die Tangenten m h und p t ausgedrückt, und bezeichnen O und o die Mittelpunkte der Kreise, zu welchen die Bogen gehören, so ist m h auf O m und p t auf o p normal, und A m h = a p t. Weil aber die Seiten jeder der Röhren als parallel angenommen werden, so sind m n und p q auf dieselben normal. Diesemnach ist

Fig. 21. Fig. 22.

$$A\,m\,n = O\,m\,h \text{ und } a\,p\,q = o\,p\,t$$
$$A\,m\,h + h\,m\,n = h\,m\,n + O\,m\,n$$
$$a\,p\,t + t\,p\,q = t\,p\,q + o\,p\,q$$
$$\text{also } A\,m\,h = O\,m\,n \text{ und } a\,p\,t = o\,p\,q$$
$$\text{und da } A\,m\,h = a\,p\,t, \text{ so ist } O\,m\,n = o\,p\,q.$$

Es sind aber die Dreiecke gleichschenklig und einer der Winkel an der Grundlinie ist dem andern gleich, also sind alle Winkel gleich, und O = o, folglich sind die Bogen einander ähnlich, und verhalten sich wie die Halbmesser O m und o p der Kugelabschnitte, welche die Flüssigkeiten in den Röhren bilden. Eben so verhalten sich aber auch die Chorden m n und p q, welche als die Durchmesser der Röhren anzusehen sind, und es verhält sich also der Stand einer gleichartigen Flüssigkeit in zwei Haarröhrchen über oder unter dem Niveau auſserhalb umgekehrt wie der Durchmesser der Röhren.

Noch auf eine andere Art läſst sich die Capillarität als das Resultat aller auf ein gegebenes Theilchen einer Flüssigkeit wir-

kender anziehender Kräfte auf folgende Weise darstellen. Denkt man sich in das mit Wasser gefüllte Gefäfs A B C D das Haarröhrchen T H eingetaucht, und die Wassersäule durch T H T′ T″ H′ fortgesetzt, so müfsten nach den bloſsen Gesetzen der Schwere S und H′ im Gleichgewichte seyn. Nimmt man zuerst die Wasserader H T als Verlängerung der im Haarröhrchen gehobenen, so werden die Wassertheilchen derselben *herabgezogen* zuerst durch sich selbst und zweitens durch die sie umgebenden. Beide Anziehungen werden durch die gleichen Wirkungen gegen H′ T″ aufgehoben. Es wird aber die Wasserader H T′ *aufwärts gezogen* durch die Wassertheilchen in H T, welche Wirkung aber durch die gleiche herabziehende der Wasserader H T″ aufgehoben wird. Endlich wird H T′ aber *aufwärts gezogen* durch die inneren Seitenwände des Haarröhrchens H T mit einer Kraft, welche Q heiſsen möge.

Fig. 23.

Die Wasserader im Haarröhrchen H T wird *angezogen* zuerst durch ihre Theilchen unter einander, welche Anziehung aber, als sich wechselseitig aufhebend, keine Bewegung hervorbringen kann; zweitens durch die Wasserader in H T′ *herabwärts*, eine Wirkung, welche durch eine gleiche und entgegengesetzte Anziehung *aufwärts* aufgehoben wird; drittens durch die H T′ umgebenden Wassertheilchen *herabwärts* mit einer Kraft, welche der oben mit Q bezeichneten entgegenwirkt, und — Q′ heifsen möge. Die beiden entgegengesetzten Anziehungen Q und — Q′ würden einander aufheben, wenn die Substanz des Glases und des Wassers gleich wären. Viertens wird die Wasserader H T *aufwärts* gezogen durch die innere Fläche der Glasröhre, und wenn man diese gleichfalls wieder = Q setzt, so ist die Summe der aufwärts und herabwärts ziehenden Kräfte = 2 Q — Q′, welche mit dem Gewichte der Wassersäule T H ins Gleichgewicht kommen mufs. Heifst das Volumen der lezteren V, die Dichtigkeit D, die dieselbe herabziehende Schwere g, so ist

$$V\,D\,g = 2\,Q - Q'$$

und es kommt auf das Verhältnifs der anziehenden Kräfte an, ob V D g — (2 Q — Q′) positiv, negativ oder = 0 ist. Indem ferner die anziehenden Kräfte nur in geringe Fernen wirken, so kann man den inneren Umfang der Röhre C und die ihr eigenthümliche Kraft der Anziehung ϱ nennen, wodurch Q =

C ϱ und durch eine gleiche Voraussetzung $Q' = C\,\varrho'$ wird, so dafs also $V\,D\,g = (2\,\varrho - \varrho')\,C$ wird.

Fig. 24. Es sey ferner der innere Halbmesser eines Haarröhrchens $= r$, die Höhe der angehobenen Säule H S von Niveau N N an bis zum tiefsten Puncte der Krümmung S aber sey $= h$, und π das Verhältnifs des Kreises zum Durchmesser; so ist der Umfang der angehobenen Wassersäule oder $C = 2\,r\,\pi$, ihre Grundfläche $= r^2\,\pi$, und ihr Inhalt $= r^2\,\pi\,h$. Nimmt man hiezu den Inhalt des Meniskus über S, so ist dieser gleich einem Cylinder von der Grundfläche $r^2\,\pi$ und der Höhe r, weniger der Halbkugel vom Halbmesser r, also im Ganzen $\pi\,r^3 - \frac{2\pi\,r^3}{3} = \frac{\pi\,r^3}{3}$, und wenn beide Gröfsen addirt werden, die Summe für V substituirt, und der für C gefundene Ausdruck gleichfalls aufgenommen wird; so erhält man

$$g\,D\left(\pi r^2 h + \frac{\pi\,r^3}{3}\right) = (2\,\varrho - \varrho')\,2\pi r.$$

und auf beiden Seiten mit $\pi\,r$ dividirt

$$r\left(h + \frac{r}{3}\right) = 2\,\frac{(2\,\varrho - \varrho')}{g\,D}.$$

Für gleichartige Flüssigkeiten bleiben die Werthe von ϱ, ϱ' und D unverändert, g aber ist an sich eine beständige Gröfse. Werden diese sämtlich also durch A ausgedrückt, so ist für gleichartige Flüssigkeiten und Haarröhrchen von gleicher Substanz

$$r\left(h + \frac{r}{3}\right) = A, \text{ also } h + \frac{r}{3} = \frac{A}{r},$$

und da r auf allen Fall gegen h sehr klein ist, und also $\frac{r}{3}$ vernachlässigt werden kann; so ist $h = \frac{A}{r}$ oder es ist *die Höhe dem Halbmesser der Haarröhrchen umgekehrt proportional.*

Man kann zu diesem Hauptsatze der Capillartheorie endlich auch auf folgende noch einfachere Weise gelangen. Bei gleichen Flüssigkeiten ist die Höhe der angehobenen Säule der Gröfse der anziehenden Fläche, mithin dem Halbmesser der Röhre direct, das Gewicht derselben aber, womit sie dieser anziehenden Kraft entgegen zu fallen strebt, ihrer Dicke, folglich dem Quadrate des Halbmessers proportional, und da beide

te einander entgegen wirken, so verhalten sich die Höhen ngehobenen Wassersäulen bei Röhren von den Durchmessern

$$r \text{ und } r' \text{ wie } \frac{r}{r^2} : \frac{r'}{r'^2} = \frac{1}{r} : \frac{1}{r'} = r' : r.$$

dlich die Röhre nicht lothrecht, sondern in einem Winkel gegen den Horizont geneigt, so ist

$$r\left(h + \frac{r}{3}\right) \operatorname{Sin} v = 2\frac{(2\varrho - \varrho')}{g\, D}.$$

gleich das Bestreben der Flüssigkeit, der Einwirkung der re zu folgen und herabzufallen, der Capillarattraction ent-ist, so sind doch die Höhen, bis zu welchen die verschiede-lüssigkeiten in gleich weiten Röhren gehoben werden, den Gewichten derselben nicht umgekehrt proportional, wie auptsächlich bei Weingeist und Wasser wahrnimmt. Er-steht nämlich niedriger als letzteres, weil seine Anzie-m Glase geringer ist, wie auch in der Formel ausgedrückt

Ein interessanter Versuch von La Place beweiset sehr evi-, dafs Cappillarattraction und Depression dem nämlichen meinen Gesetze zugehören. Ist nämlich bei einer heberför-gebogenen Röhre mit ungleich weiten Schenkeln der wei-länger als der engere, und bringt man nach gehöriger Be-ung der inneren Wände Weingeist in dieselbe, so wird die-n engeren Schenkel höher stehen. Giefst man so lange hol in einzelnen Tropfen nach, bis derselbe im kürzeren kel das Ende erreicht, so wird er, wie früher, in die-ine concave Oberfläche bilden. Beim weiteren Zugiefsen diese eben werden, und dann der Alkohol in beiden Schen-ehe gleich hoch stehen; dann aber wird die Fläche bei etztem Zutröpfeln convex werden, der Alkohol aber im n so viel höher stehen, als er vorher niedriger stand. interessant ist folgender Versuch: Taucht man ein he-iges Haarröhrchen A B ins Wasser, so dafs der kürzere el A unter das Niveau desselben kommt; so steigt sser im längeren Schenkel um die Gröfse F G über das . Zieht man dasselbe wieder heraus, so bildet sich an ffnung des kürzeren Schenkels ein Tropfen A N O, und ber der Horizontalen N I' stehende Wassersäule I' C ist

Fig. 25.

höher als F G. Nimmt man das Tröpfchen weg, bis das Niveau eben ist, so wird die Säule I C = F G. Der Unterschied von F G und I' C entspricht aber genau der Convexität des Tröpfchens A N O. Taucht man ein Haarröhrchen in Wasser oder in eine andere, Capillaranziehung äufsernde Flüssigkeit, verschliefst es mit dem Finger und hebt es aus dem Wasser, so wird ein ein Theil der Flüssigkeit auslaufen, unten ein Tropfen gebildet werden, und die im Röhrchen angehobene Säule länger seyn, als wenn die untere Fläche der Röhre die Flüssigkeit im Gefäfse berührt[1]. Verlängert sich der Tropfen, so verkürzt sich die Säule, und verlängert sich wieder, wenn ein Theil des Tropfens herabgefallen oder weggenommen ist; wird dagegen wieder kürzer, wenn der Tropfen kleiner als eine Halbkugel geworden ist[2]. Der Versuch dient sehr zur Bestätigung der La Place'schen Theorie. Ist nämlich A B das Niveau des Wassers im Gefäfse, so werden die einander entgegengesetzten Anziehungen der über und unter α β befindlichen Theile einander aufheben. Der Tropfen selbst wird gebildet durch die Anziehung der unteren Röhrenfläche A' B'. Erlangt derselbe das Maximum seiner Länge, und reicht also bis etwa an α β, so werden die entgegengesetzten Anziehungen der Theile über und unter α' β' einander zum Theil aufheben; reicht er aber nur etwa bis α' β', so fällt die Gegenwirkung der unterhalb befindlichen Wassertheilchen weg, weswegen die Wassersäule im Röhrchen wachsen mufs. Nimmt man aber auch die unter A' B' befindlich gewesenen Theile weg, so strebt die untere Fläche der Röhre wieder einen Tropfen zu bilden, und die Wassersäule wird verkürzt.

Fig. 26.

Biegt man ein Haarröhrchen heberförmig um, und senkt den einen Schenkel in ein Gefäfs mit Wasser, so wird der Heber sich selbst füllen und das Gefäfs auslaufen, wenn der Theil des Haarröhrchens über der Wasserfläche bis zur Biegung geringer ist, als die Höhe der Wassersäule, welche in demselben

1 Diese Erscheinung beobachtete schon Petit. S. Mém. de l'Ac. 1724.

2 Dieses Phänomen scheint mir nicht ganz richtig dargestellt zu seyn durch Biot in Traité I. 460.

ngehoben wird. Das Gefäfs wird dann ausgeleert werden, bis das Niveau in demselben so tief herabgesunken ist, dafs es die halbe Höhe erreicht, bis zu welcher der herabhängende Schenkel das Wasser anheben würde[1]. Es bleibt dann zuletzt an diesem lezteren ein Wassertropfen hängen, welcher nahe eine Halbkugel bildet, wodurch das Gleichgewicht hergestellt wird. Hat der Tropfen seine mittlere Gröfse erreicht, und wird der Heber etwas tiefer herab gesenkt, so vergröfsert sich der Tropfen, fällt zuletzt herab oder der Heber fängt aufs Neue an zu laufen. Hebt man denselben aber etwas in die Höhe, so vermindert sich der Tropfen, zieht sich zuletzt ganz in das Röhrchen zurück, und die Flüssigkeit im Haarröhrchen bewegt sich rückwärts, sobald das Ende des nicht eingetauchten Schenkels höher über das Niveau des Wassers im Gefäfse gehoben wird, als bis zu welcher Höhe das Haarröhrchen das Wasser zu heben vermag. Alle diese Erscheinungen hängen mit der eben erläuterten Theorie innig zusammen. Wenn endlich eine Glocke oder eine Röhre von beliebiger Weite sich in ein Haarröhrchen endigt, so wird die Capillarität die Flüssigkeit in dem beliebig weiten Gefäfse so hoch heben, als sie in einem Haarröhrchen vom Durchmesser desjenigen, worin das Gefäfs sich endigt, gehoben werden würde[2].

Alle diese Erscheinungen zeigen im Allgemeinen die Gesetze der Capillarität und die Richtigkeit der dieselben ausdrückenden Formel. Will man die letztere aber durch genaue Versuche prüfen; so kommt es vorzüglich darauf an, die Durchmesser der dazu genommenen Röhren zu finden, welches bei der Kleinheit derselben und der dennoch erforderlichen Genauigkeit mit einigen Schwierigkeiten verbunden ist, am zweckmäfsigsten aber durch die Abwiegung einer Säule Quecksilber in dem zu gebrauchenden Haarröhrchen geschieht[3].

Ist demnach der Durchmesser der Haarröhrchen genau bekannt, so findet man die Länge der in denselben angehobenen Säule der Flüssigkeit, und selbst die Vertiefung des Meniskus

---

1 La Place bei G. XXXIII. 26.
2 Parrot theor. Phys. I. 327.
3 S. *Caliber*.

Fig. 27. nach GAY-LÜSSAC[1] mit einem hierzu eigends verfertigten Instrumente. Dieses besteht aus einem Gefäfse, welches vermittelst der Stellschrauben v v v lothrecht gestellt werden kann, wie eine auf den Rand A B gesetzte Wasserwage angiebt. An dieses wird vermittelst der Bodenplatte a b der Apparat gesetzt, welcher in dem Falze C C das Haarröhrchen T T trägt. Ein Fernrohr N M, auf einer getheilten Stange R R verschiebbar und mit einem Mikrometer versehen, auch durch das Bleiloth F P lothrecht erhalten, zeigt den oberen Stand der Flüssigkeit S und die Höhe des Meniskus. Um aber, bei der Erhebung der Flüssigkeit am Rande des Gefäfses das Niveau in der Mitte zu finden, wird auf die Scheibe a b der Träger der mit einer Schraube versehenen Stange t t′ gestellt, und die Spitze t so lange herabgeschroben, bis sie die Oberfläche der Flüssigkeit gerade berührt, während der Apparat mit der Röhre etwas seitwärts geschoben bleibt, um durch das Herausnehmen der Röhre den Inhalt des Gefäfses nicht zu vermindern. Dann nimmt man mit einem Stechheber oder einer Pipette etwas von der Flüssigkeit heraus, um die Spitze genau zu sehen, schiebt das Fernrohr herab, bis die Spitze des Stiftes im Mikrometer erscheint, und der am Stabe vom Fernrohre durchlaufene Raum giebt die Höhe der Flüssigkeit im Haarröhrchen.

Um die von LA PLACE aufgestellte Theorie zu prüfen, stellten HAUG und TREMERY mit vorzüglicher Genauigkeit einige Versuche an. In Haarröhrchen von der nämlichen Glasart vom

Durchmesser	3	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{4}$ mm
wurde Wasser gehoben	6,75	10	18,5 —
Orangenöl	3,40	5	9,0 —

welche Zahlen dem verkehrten Verhältnisse der Durchmesser vollkommen entsprechen. Es gehört somit für 1^{mm} eine Capillarattraction für Wasser von 13,569, für Orangenöl von $6,7398^{mm}$ oder für 1 Lin. par. von 6,0151 Lin. Wasser und 2,9877 Lin. Orangenöl. Die Depression des Quecksilbers wurde bei Röhren von 2 und $\frac{4}{3}$ millim. = $3\frac{2}{3}$ und 5,5 gefunden, welches für 1^{mm} eine Depression von $7\frac{1}{3}$ millim. oder für eine Linie 3,251 Lin. beträgt. Man mufs indefs bei andern vergleich-

1 BIOT Traité. I. 441.

m Versuchen die hiebei stattgefundene Temperatur von 10°
genau beobachten, oder die gefundenen Werthe für die je-
malige Temperatur verbessern, indem für wenig abweichen-
Grade der Wärme gleich schwere Säulen der Flüssigkeit
ben werden, so dafs also der Coefficient ihrer Ausdehnung
Gröfse giebt, womit die gefundene Höhe zu multipliciren
um die eigentliche Gröfse zu erhalten[1]. Die Versuche, wel-
Gay-Lüssac mit seinem Apparate anstellte, deren Genau-
it sonach als ganz vorzüglich anzusehen ist, gaben folgende
ate.

rchmesser = 2r in millim.	Höhe der Wassersäule = h bis zum tiefsten Puncte des Meniskus	Temperatur nach C.
1,29441	23,1634	8°,5
1,90381	15,5861	

chnet man aus der ersten Beobachtung die zweite; so ist
= 0,647205 (23,1634 + 0,215735) = 15,1311.
m Werth in die Formel für $h = \frac{A}{r} - \frac{r}{3}$ gesetzt, giebt
783, welche von dem Resultate des Versuches um eine ver-
rindende Gröfse abweicht, zugleich aber zeigt, das der
rth $\frac{r}{3}$ nicht vernachlässigt werden kann. Bei einem Ver-
he mit Alkohol fand derselbe

rchmesser der Röhren = 2r in millim.	Höhe des Alkohol = h bis zum tiefsten Puncte des Meniskus	Temperatur nach C.
1,29441	9,18235	8°,5
1,90381	6,08397	

spec. Gew. des Alkohol war 0,81961 bei der angegebenen
peratur. Aus dem ersten Versuche wurde A = 0,647025
235 + 0,215735) = 6,0825 gefunden, und hieraus h =
5, gleichfalls mit dem Versuche genau übereinstimmend[2].
Das allgemeine Gesetz der Capillarität zeigt sich in sehr
ichen Erscheinungen. Aufser denjenigen, welche wegen
ihern Zusammenhanges mit dem untersuchten verwandten
stande, nämlich den Gesetzen der Adhäsion[3] schon er-

Ueber diesen La Placeschen Satz s. weiter unten.
. Biot Traité. I. 450.
S. Th. I. p. 186 ff.

wähnt sind, kommt zunächst das Aufsteigen der Flüssigkeiten zwischen zwei in geringem Abstande von einander befindlichen Platten in Betrachtung. Es sey demnach der Abstand der beiden lothrechten Platten von einander $= \delta$, ihr horizontaler Durchschnitt $=$ a. Es werde ferner angenommen, dafs die von H bis S angehobene Flüssigkeit oben bei S durch die Oberfläche eines halben Cylinders begrenzt sey; so ist der Umfang eines horizontalen Durchschnittes der angehobenen Flüssigkeit $= 2\,(a + \delta)$, die Oberfläche desselben $= a\,\delta$, der Inhalt der angehobenen Wassermasse bis S $= a\,\delta\,h$, des über S befindlichen Meniskus $= \frac{a\,\delta^2}{2} - \frac{\pi\,a\,\delta^2}{8} = \frac{a\,\delta^2}{2}\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$, folglich der gesammte Inhalt $V = a\,\delta\,h + \frac{a\,\delta^2}{2}\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$. Werden diese Werthe in die oben für Haarröhrchen gefundene Formel substituirt; so ist

Fig. 28.

$$g\,D\left[a\,\delta\,h + \frac{a\,\delta^2}{2}\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)\right] = 2\,(2\,\varrho - \varrho')\,(a + \delta)$$

und auf beiden Seiten mit a g D dividirt

$$\delta\left[h + \frac{\delta}{2}\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)\right] = \frac{2\,(2\,\varrho - \varrho')}{g\,D}\left(1 + \frac{\delta}{a}\right)$$

und wenn man $\frac{\delta}{a}$ vernachlässigt und $\frac{2\,(2\,\varrho - \varrho')}{g\,D} = A$ wie oben setzt $\delta\left[h + \frac{\delta}{2}\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)\right] = A$.

Ist dann δ gegen h geringe, so kann $\frac{\delta}{2}\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$ als in der Fehlergrenze der Versuche liegend betrachtet werden, und es ist $h = \frac{A}{\delta}$ oder die Höhe der angehobenen Flüssigkeit dem Abstande der Platten umgekehrt proportional. Indem ferner oben für cylindrische Haarröhrchen $h = \frac{A}{r}$ gefunden wurde, aber $\frac{A}{\delta} = \frac{A}{2r}$ gesetzt werden kann; so folgt, das die Flüssigkeit zwischen zwei ebenen Platten halb so hoch steht, als in einem cylindrischen Haarröhrchen von demjenigen Durchmes-

r, welcher dem Abstande der Platten gleich ist, wie mit der rfahrung vollkommen übereinstimmt[1].

Hiermit verwandt ist ein Versuch, welchen schon BROOK YLOR und HAWKSBEE anstellten[2]. Nimmt man zwei ebene asplatten A B C D, legt sie so auf einander, dafs sie sich an Fig. 29. ier Seite B D berühren, an der andern im geringen Abstande n einander stehen, und senkt sie einige Linien tief in ein fäfs mit Wasser, die Linie ihrer Berührung B D lothrecht halten, so bilden ihre regelmäfsig abnehmenden Entfernungen 1 System von Haarröhrchen, und das Wasser zwischen den atten mufs eine ihrem Abstande von einander umgekehrt proportionale Höhe erreichen. Die Grenze dieser Höhen bildet e Hyperbel, deren Asymptoten ein senkrechter Durchschnitt r Ebene des Wassers n m und die Linie ihrer Berührung sind. nnt man nämlich die Entfernung der Platten bei α ... y bei ... d; die Höhe des Wassers bei α ... h bei β ... x; so ist

$$h : x = y : d \text{ also } xy = hd$$

Gleichung der Hyperbel zwischen rechtwinklichen Asympen[3]. Dafs in einer horizontal gehaltenen konischen Röhre Wassertropfen sich nach der engeren Seite, ein Quecksilrtropfen aber nach der weiteren bewege, folgt gleichfalls aus r Capillarität.

Manche Erscheinungen dürfen nur erwähnet werden um einzusehen, dafs sie gleichfalls zur Capillaranziehung gehören, z. das *Filtriren*,[4] das Feuchtwerden von Sand, Asche, Erde s. w. durch tiefer befindliche Flüssigkeiten, das Durchdrinn der lezteren durch poröse Gefäfse, das Eingesogenwerden er Arzneien und sonstiger Substanzen durch die Gefäfse im ierischen Körper, das sogenannte Athmen der Pflanzen, das ufsteigen der Fettigkeiten in Dochten, das Anschwellen hygroskopischer Körper bei feuchter Witterung, die Verkürzung der Seile und Zeuge durch Nässe u. dgl. m. Man kann dahin

1 BIOT Traité I. 454.

2 Phil. Trans. XXVII. 538. Verg. MUSSCHENBROEK diss. de attract. p. 71. Introd. §. 1062.

3 Vergl. LEHOT in Bibl. Brit. LVIII. 78, wo zugleich eine allgemeine Formel für diesen Versuch gegeben ist.

4 S. *Filtrirmaschinen*.

wähnt sind, kommt zunächst das Aufsteigen der Flüssigkei zwischen zwei in geringem Abstande von einander befindlicl Platten in Betrachtung. Es sey demnach der Abstand der b Fig. 28. den lothrechten Platten von einander $= \delta$, ihr horizont Durchschnitt $=$ a. Es werde ferner angenommen, dafs von H bis S angehobene Flüssigkeit oben bei S durch die Ob fläche eines halben Cylinders begrenzt sey; so ist der Umf eines horizontalen Durchschnittes der angehobenen Flüssigl $= 2\,(a + \delta)$, die Oberfläche desselben $= a\,\delta$, der Inhalt angehobenen Wassermasse bis S $= a\,\delta\,h$, des über S befin chen Meniskus $= \frac{a\,\delta^2}{2} - \frac{\pi\,a\,\delta^2}{8} = \frac{a\,\delta^2}{2}\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$, folgl der gesammte Inhalt $V = a\,\delta\,h + \frac{a\,\delta^2}{2}\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$. Wer diese Werthe in die oben für Haarröhrchen gefundene For substituirt; so ist

$$g\,D\left[a\,\delta\,h + \frac{a\,\delta^2}{2}\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)\right] = 2\,(2\,\varrho - \varrho')\,(a + \delta$$

und auf beiden Seiten mit a g D dividirt

$$\delta\left[h + \frac{\delta}{2}\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)\right] = \frac{2\,(2\,\varrho - \varrho')}{g\,D}\left(1 + \frac{\delta}{a}\right)$$

und wenn man $\frac{\delta}{a}$ vernachlässigt und $\frac{2\,(2\,\varrho - \varrho')}{g\,D} = A$ oben setzt $\delta\left[h + \frac{\delta}{2}\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)\right] = A$.

Ist dann δ gegen h geringe, so kann $\frac{\delta}{2}\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$ als in Fehlergrenze der Versuche liegend betrachtet werden, und ist $h = \frac{A}{\delta}$ oder die Höhe der angehobenen Flüssigkeit d Abstande der Platten umgekehrt proportional. Indem fer oben für cylindrische Haarröhrchen $h = \frac{A}{r}$ gefunden wur aber $\frac{A}{\delta} = \frac{A}{2r}$ gesetzt werden kann; so folgt, das die Flüssi keit zwischen zwei ebenen Platten halb so hoch steht einem cylindrischen Haarröhrchen von demjeni

dieses weder nach La Lande aus der inneren Anziehung öhre noch aus La Place's Theorie erklären lasse, sondern m wenigen Staube und Schmutze abgeleitet werden müsse, er während des Versuches, obgleich mit unbewaffneten nicht wahrnehmbar, sich in dem Ende des Röhrchens e. Man könnte vielleicht hinzusetzen, daſs das Ende des hens durch den Einfluſs der Luft trocken werden muſs, am das Wasser nicht so leicht annimmt.

ter die Phänomene der Capillarität gehört wahrscheinlich eine sehr interessante Beobachtung Döbereiner's [1], Wasserstoffgas, in einer geborstenen Campane, welche, e Gasarten nicht durchläſst, über Quecksilber gesperrt, cht und vermindert wird. Der Beobachter leitet diese Erung von den kleinen Atomgewichten des Wasserstoffgas ab, den feinen Riſs deswegen leichter durchdringen können. Dieses Gas strömt auch schneller durch enge Röhrchen dere Gasarten, und dringt leichter durch Thierblasen[2]. he Beobachtungen, daſs nämlich geborstene Röhren mehr isoliren, führten mich selbst schon früher zu der thung, das auch die Elektricität der Capillaranziehung f

Manche Physiker waren geneigt, das Aufsteigen des Saftes nden Pflanzen als eine Wirkung der Capillaranziehung zu hten[3]. Daſs diese auch hierbei sich wirksam zeige, kann bezweifelt werden, indem selbst abgeschnittene und getrocknete Pflanzentheile noch die Wirkungen ihrer rchenartigen Räume durch das Einsaugen von Flüssigkeigen. Indeſs läſst sich das ganze Phänomen der Saftung keineswegs auf die Capillarität zurückführen, wie wohl aus der Höhe folgt, bis zu welcher der Saft an wird, als vielmehr daraus, daſs derselbe aus lothrecht n abgeschnittenen Pflanzentheilen ausflieſst, was durchen die Capillartheorie streitet. Auſserdem aber ergevon mir und dem hiesigen Universitätsgärtner Metzger

---

1 Aus seiner Abhandlung hierüber in Férussac Bulletin des Sc. ys. 1824. Fevr. p. 112.

2 Verwandte Erscheinungen s. Th. I. p. 200.

3 Robison System of Mech. Phil. I. 223.

gen streitet aber die gemeine Erfahrung, dafs in gut aus-
iten Barometern die Quecksilbersäule in der Röhre ganz
gt, und erst nach einer Erschütterung herabfällt. Eben
zeigt sich, wenn man das Barometer auch späterhin ei-
it in umgekehrter Lage läfst, insbesondere aber, wenn
e in dieser Richtung trägt oder mäfsig aufstöfst und er-
rt. Diese Erscheinung ist vor längerer Zeit bekannt ge-
und HUYGENS[1] beobachtete schon, dafs eine Säule von
änge auf diese Weise getragen wurde, welches er dem
eines, die Luft nicht durchdringenden Aethers beilegte.
ER[2] war mit ihm hierin einverstanden. Daher zeigte
, die Depression sey eine Folge der Feuchtigkeit, wel-
n Glase oder Quecksilber anhänge, und berief sich hier-
einen Versuch von CASBOIS, welcher gefunden haben
dafs trocknes Quecksilber in trocknen Röhren vielmehr
ttraction zeige. MILON stellte deswegen Versuche an
ecksilber, welches eine geraume Zeit gesiedet hatte, und
ren, welche bis nahe zur Glühhitze erhitzt waren, fand
e Depression hierbei sowohl in den Röhren als auch
en denselben, wenn sie neben einander in Quecksilber
lt wurden, eben so stark, als bei feuchtem Quecksil-

Wenn gleich gegen die Genauigkeit dieser Versuche nichts
wenden seyn mag, so entscheiden doch zugleich zahllose
beim Auskochen der Barometer angestellte, dafs die
ung der Luft und Feuchtigkeit die Capillardepression
en Glas und Quecksilber aufhebt, weswegen das Aus-
der Barometer eine unerläfsliche Bedingung ihrer Ge-
it ist, und man mufs daher mit HAUY, BELLANI[5] u. a.
en, dafs die dem Quecksilber anhängenden Theile von
d Feuchtigkeit seine Adhäsion zum Glase aufheben.
rt waren diese durch CASBOIS mehr weggeschaft, als
MILON, und beruhete hierauf die Verschiedenheit der

Phil. Trans. VII. 4128.
Ebend. VIII. 4260.
Séances de l' École Normale III. p. 50. Vergl. J. de P. LIV. 129.
. de Ph. LIV. 129.
BRUGNATELLI G. III. 291.

durch beide erhaltenen Resultate. Hieraus ergiebt sich aber we
ter, daſs es sehr schwer ist, die absolute Depression des Quecl
silbers in Haarröhrchen zu bestimmen[1]. Nimmt man inde
gewöhnliches, trocken genanntes Quecksilber, so hat hierfi
BOUVARD nach LA PLACE's Formel diejenigen Höhen berechn
welche den verschiedenen Durchmessern der Röhren zugehöre
und mit den Versuchen von YOUNG, IVORY und CAVENDISH ve
glichen, wie die nachfolgende Tabelle in Millim. angiebt[2].

Durchm. d. Röhre	Depress. nach La Place	nach Dr. Young	nach Ivory	nach Cavendish
21,0	0,030	0,024	0,024	
20,0	0,034			
19,0	0,038	0,031	0,031	
19,5	0,043			
19,0	0,049	0,041	0,042	
18,5	0,056			
18,0	0,064	0,053	0,054	
17,5	0,073			
17,0	0,083	0,068	0,071	
16,5	0,094			
16,0	0,107	0,088	0,087	
15,5	0,121			
15,0	0,137	0,111	0,118	0,131
14,5	0,156			
14,0	0,176	0,144	0,152	0,150
13,5	0,198			
13,0	0,223	0,188	0,196	0,170
12,5	0,250			
12,0	0,281	0,242	0,253	0,200
11,5	0,315			
11,0	0,354	0,311	0,316	0,270
10,5	0,397			
10,0	0,445	0,402	0,406	0,406

1 Wie dieses beim Barometer geschehen könne, darüber s.
rometer.

2 Ann. de Chim. et de Phys. XXII. 333.

[illegible]rchm. d. Röhre	Depress. nach La Place	nach Dr. Young	nach Ivory	nach Cavendish
9,5	0,500			
9,0	0,562	0,517	0,521	0,608
8,5	0,632			
8,0	0,712	0,669	0,673	0,820
7,5	0,803			
7,0	0,909	0,869	0,868	1,078
6,5	1,030			
6,0	1,171	1,139	1,134	1,377
5,5	1,337			
5,0	1,534	1,510	1,513	1,735
4,5	1,774			
4,0	2,068	2,063	2,066	2,187
3,5	2,442			
3,0	2,918	2,986	2,988	3,054
2,5	3,568			
2,0	4,454	4,887	4,888	4,472

a Place's Theorie der Capillarität ist jetzt wohl so ziem-
ron allen Physikern allgemein angenommen, und wird
bei genauer und genügender Prüfung den Beifall derselben
erhalten; wo dieses aber nicht der Fall ist, da wird die-
entweder nicht völlig verstanden, oder vielmehr wegen
rauf verwandten weitläuftigen und schwierigen Calculs
gehörig erkannt. Man könnte immer die Frage aufwerfen,
gen so viel höherer Calcul auf ein so leicht in seiner Ein-
it darstellbares Problem verwandt ist? Hierauf läſst sich
erwiedern, daſs eben dieser dem groſsen Geometer am
geläufig ist, und dann muſs man wohl berücksichtigen,
rselbe die Aufgabe, welche eigentlich die gesamte An-
g in unmeſsbarer Ferne begreift, in ihrem ganzen Um-
um Gegenstande seiner Untersuchung gewählt hat, wo-
die mannigfaltigen, hierauf zurückgeführten Erscheinun-
klärlich werden, und hieraus ergiebt sich denn auch
nfang, in welchem der Gegenstand behandelt ist.
ücksichtlich der übrigen bedeutenden Untersuchungen
iesen Gegenstand hat Th. Young schon 1804, also vor

der Bekanntwerdung der La Placeschen Theorie eine schätzbare Abhandlung darüber bekannt gemacht[1], und darin zugleich die Erscheinungen der Adhäsion im Allgemeinen berücksichtigt. Später hat derselbe gegen La Place errinnert, daſs er bei seiner Formel die Temperatur nicht berücksichtigt habe, ein Einwurf, dessen Gültigkeit La Place selbst zugesteht[2]. Es ist schon oben bemerkt, daſs La Place, und nach ihm Biot[3] annehmen, der Einfluſs der Temperatur sey bloſs in sofern zu berücksichtigen, als die angehobene Säule der Flüssigkeit durch Wärme mehr ausgedehnt, mithin leichter werde, wonach also bei bekanntem Gesetze der Ausdehnung einer gegebenen Flüssigkeit die Höhe der angehobenen Säule leicht corrigirt werden könnte. Allein dieses ist sicher nur für sehr geringe Temperaturunterschiede zulässig, indem wohl nicht bezweifelt werden kann, daſs eben wie die Cohäsion auch die Adhäsion sowohl der Theile der Flüssigkeiten unter einander als auch gegen die Wände der festen Körper, und somit auch die Capillarität geändert wird. Das Gesetz aber, wonach diese Aenderung erfolgt, ist bis jetzt noch nicht aufgefunden, und kann ohne genaue und schwierige Versuche nicht wohl aufgefunden werden, wonach sich also demnächst erst ergeben müſste, welchen Einfluſs dasselbe auf die Formel La Place's haben kann, indem die Theorie selbst schwerlich dadurch wesentlich geändert werden würde.

Es wird diesemnach überflüssig seyn, verschiedene Kritiken der La Placeschen Theorie hier näher zu erläutern und zu würdigen, und mag vielmehr eine bloſs historische Erwähnung genügen. Am wenigsten gewichtig sind die Einwendungen, welche Tardy de la Brossy[4] dagegen gemacht hat, indem er hauptsächlich den Begriff der Attraction zu unbestimmt aufgefaſst und in der Theorie selbst keine Uebereinstimmung der Schlüsse mit den Phänomenen finden will. Von einem andern Gesichtspuncte geht Belli[5] aus, indem er zu beweisen sucht, die moleculäre Anziehung oder die Anziehung in unmeſsbare Ent-

1 Phil. Trans. 1805. I. 65.
2 Ann. de Ch. et P. XII. 7.
3 Traité I. 454.
4 Bibl. Brit. XXXVII. 1 ff.
5 Brugnatelli G. VII. 191.

fernung müsse als Grundlage angenommen werden, um eine Theorie der Capillaranziehung darauf zu gründen, dieselbe wirke aber in einer höheren Potenz als der umgekehrten fünften der Enfernung. Am ausführlichsten und mit einem grofsen Aufwande des Calculs hat Brunacci[1] dieselbe geprüft, mit den von Pessuti und Clairaut aufgestellten verglichen, und findet sie weder im Principe gehörig begründet, noch auch alle Erscheinungen hinlänglich erklärend, welcher Meinung auch Leopoldo Nobili[2] beitritt. Hieran darf man auch die Kritik reihen, welche G. F. Parrot[3] von der La Placeschen Theorie gegeben hat, welche zugleich eine eigenthümliche Darstellung des Capillaritäts-Gesetzes und verschiedene Versuche enthält. Dagegen hat neuerdings Rudberg[4] eine mit La Place's Grundsätzen übereinstimmende elegante mathematische Theorie der Capillarattraction gegeben[5]. *M.*

Cardinalpuncte.

Hauptgegenden der Welt; *Puncta cardinalia, cardines mundi;* points cardinaux; *Cardinal Points.* Die vier Puncte des Horizonts, in deren zweien er vom Mittagskreise in den zwei übrigen vom Aequator durchschnitten wird.

Der *Nordpunct* oder Mitternachtspunct; der *Südpunct* oder Mittagspunct; der *Ostpunct* oder Morgenpunct; der *Westpunct* oder Abendpunct[6]. *B.*

---

1 Ebend. IX. 7. 127. 168. 241. 348. Vergl. Ann. de Ch. et P. IV. 54.

2 Sopra la Identità dell' attrazione molecolare colla astronomica. Modena 1818. in Appendice.

3 Ueber die Capillarität. Eine Kritik der Theorie des Grafen La Place u. s. w Dorpat (1816).

4 Denkschriften der Kön. Soc. d. Wiss. zu Stockholm. 1819 — 21. Die Abhandlung selbst habe ich nicht erhalten können.

5 Aufser der angegebenen Literatur verdienen noch berücksichtigt zu werden Segner in Com. Gott. 1751. I. 301. C. Cavendish berechnete Depressionen des Quecksilbers in Phil. Trans. 1776. p. 382. Monge in Mém. de l'Ac. 1787. p. 506. auch in Nichols. J. III. 269. Leslie in Phil. Mag. XIV. 193.

6 S. *Weltgegenden.*

Centralbewegung.

Motus centralis; nennt man die Bewegung, welche durch eine, gegen einen unveränderlichen Mittelpunct gerichtete Kraft bestimmt wird.

1. Wenn der durch eine solche Kraft gegen den Mittelpunct angezogene oder von dem Mittelpuncte abgestoſsene Punct nicht etwa eine Bewegung hat, deren Richtung mit der Richtung der Kraft zusammentrifft; so ist die so entstehende Bewegung allemal eine krumlinigte. Es ist nämlich einleuchtend, daſs ein Körper (den wir übrigens hier als einen einzigen Punkt ansehen), wenn er eine Geschwindigkeit nach der Richtung A B hat, und vermöge dieser in 1 Sec. von A nach B gelangen würde, nicht den Weg A B durchlaufen kann, wenn eine nach C anziehende Kraft auf ihn wirkt, sondern, wenn diese allein in 1 Sec. ihn nach D bringen würde, so durchläuft er in 1 Sec. die Diagonale A E, vermöge der Gesetze der Zusammensetzung der Kräfte oder Geschwindigkeiten[1]. (Fig. 30.)

In der nächsten Secunde durchläuft er wieder nicht die Verlängerung der A E, sondern wenn man auf dieser Verlängerung E F = A E nimmt, und nun E H auf E C so groſs setzt, als der Weg ist, durch welchen die anziehende Kraft für sich allein den Körper in eben der Zeit treiben würde, so ist wieder die Diagonale E G als der wahre Weg des Körpers anzusehen. Eigentlich freilich ist die Bahn des Körpers nicht aus den geraden Stücken A E, E G, zusammengesetzt, sondern wegen der unaufhörlich einwirkenden Kraft wird die Bahn eine krumme Linie, zu welcher die eben angegebenen geraden Linien ebenso eine Annäherung geben, wie das Polygon im Kreise zum Kreise selbst.

2. Die eben angeführte Betrachtung zeigt, *daſs der von dem Körper, auf welchen eine Centralkraft wirkt, beschriebene Sector A C G der Zeit proportional ist, die gegen C wirkende Kraft sey, nach welchem Gesetze man will, veränderlich.*

Wirkte die Kraft gar nicht, so würde in Beziehung auf

---

1 S. *Bewegung* Th. I. 933.

den Punct C der Sector A C B vermöge der anfänglichen Geschwindigkeit durchlaufen; aber der bei vorausgesetzter Einwirkung der Kraft beschriebene Sector A E C ist eben so groſs, weil die Dreiecke A B C, A E C einerlei Grundlinie A C und gleiche Höhen haben. Eben so groſs würde im zweiten Zeittheilchen der Sector E C F seyn, wenn die Kraft nicht aufs neue einwirkte, weil dann mit der schon erlangten Geschwindigkeit ein Weg E F = A E durchlaufen würde, und E F = A E auf derselben geraden Linie lägen, also die Dreiecke A E C, E F C an Inhalt gleich wären; aber da aus dem Vorigen schon erhellet, das auch der Flächenraum E C F = E C G; so ist E C G = A C E. So werden also in gleichen Zeittheilen gleiche Flächenräume zurückgelegt, und in ungleichen Zeiträumen sind die Sectoren den Zeiten proportional, ohne daſs dabei die absolute Gröſse der Kraft, noch auch, ob sie gleich wirkend bleibt oder nicht, in Betrachtung kömmt.

Dieses ist die theoretische Ableitung des ersten Keplerschen Gesetzes[1].

3. *Wenn der Körper in einem gegebenen Abstande = C A die Geschwindigkeit = c hat, so wird die vermöge der Centralkraft geänderte Geschwindigkeit = v in jeder Entfernung = C V eben so groſs seyn, wie sie seyn würde, wenn der Körper gerade gegen C zu bewegt, von A nach W, wo C W = C V ist, durch die Kraft in C getrieben wäre.* Fig. 31.

Es sey zuerst V sehr nahe bei A, so daſs man die Kraft als gleichförmig wirkend während der Bewegung von A nach V im einen, oder von A nach W im andern Falle, ansehen kann. Dann ist die Zunahme der Geschwindigkeit beim Falle durch A W der Zeit proportional, also = 2 g p t, wenn p die Kraft, in Vergleichung gegen die als Einheit betrachtete Schwerkraft und 2 g die durch die Schwere in der Zeiteinheit bewirkte Geschwindigkeit bedeutet. Die nach A V wirksame Kraft ist = p. Cos C A V und in gleicher Zeit = t würde also auf A V die Zunahme der Geschwindigkeit 2 g p t. Cos C A V betragen; da aber A V : A W = 1 : Cos C A V, so ist die zum Durchlaufen von A V verwendete Zeit (weil die Anfangsgeschwin-

1 S. *Bahn, der Planeten.*

digkeit sowohl für den durch A W als durch A V laufenden Körper einerlei, zum Beispiel = c ist) $= \frac{t.}{\text{Cos CAV}}$, und folglich in dieser Zeit die Zunahme der Geschwindigkeit = 2 g p t, ebenso wie bei der Bewegung auf A W.

Man kann dieses kurz so ausdrücken: die Zunahme der Geschwindigkeit ist für einen kleinen Raum, wo die Kraft ungeändert bleibt, sowohl der Kraft als der Zeit, während welcher sie wirkt, proportional: nun ist zwar die nach A V wirkende Kraft kleiner als die nach A W wirkende, aber die auf A V verwandte Zeit in eben dem Maſse gröſser, so daſs das Product beider Gröſsen ungeändert bleibt.

Gilt dies aber für ein kleines Stück A V des Weges, so gilt es auch für das nächste und so fort, so daſs auch in Z die Geschwindigkeit so groſs geworden ist, wie sie bei einem von A geradezu nach Y gelangenden Körper wäre, wenn beide mit gleicher Geschwindigkeit von A ausgegangen wären, und C Y = C Z ist.

4. Wenn der Körper in einer gekrümmten Bahn um den Mittelpunct läuft, so hat die Kraft, die ich als eine anziehende betrachten will, eine doppelte Wirkung, indem sie erstlich die Geschwindigkeit vermehrt, wenn sich der Körper dem Centro nähert, oder sie vermindert, wenn die Entfernung vom Centro zunimmt, und zweitens ihn in seiner Bahn erhält, oder hindert, daſs er nicht, wie die Trägheit es fordern würde, nach der Tangente fortgeht. Man kann sich daher in jedem Puncte der Bahn die anziehende Kraft als zerlegt in eine nach der Richtung der Tangente und in eine nach der Richtung der Normallinie vorstellen, wo dann jene die eben erwähnte erste, diese die zweite Wirkung hervorbringt.

Die *Bahn*, welche der Körper durchläuft, kann nach Verschiedenheit der anziehenden Kräfte sehr verschieden seyn, und für die abstoſsenden Kräfte gilt etwas ganz hiemit übereinstimmendes.

Kreisbewegung.

Fig. 32. 5. Wenn ein gegen C hin von einer bestimmten Kraft angezogener Körper A nach einer auf A C senkrechten Richtung fort-

geschleudert wird, so bleibt er auf einem Kreise, wenn die anziehende Kraft allein wirkend ihn in einem kurzen Zeittheilchen eben so viel näher zum Mittelpuncte C hinzöge, als er auf A B fortgehend sich in gleicher Zeit von C entfernen würde.

Es sey die Kraft p mal so groſs als die Schwere und daher die in einer kurzen Zeit = t vermöge dieser Kraft allein erlangte Geschwindigkeit = 2 g p t (wenn 2 g die durch die Schwere in der Zeiteinheit bewirkte Geschwindigkeit ist), der durchlaufene Weg = $g\,p\,t^2$. Um so viel = A D würde der Körper sich von der senkrechten A B entfernen, wenn eine solche mit A C parallel wirkende Kraft immer fort auf den in A zuerst ruhenden Körper wirkte; aber auch, wenn während der Fortbewegung nach A B eine mit A C parallel bleibende Kraft fortwirkte, würde eben die Entfernung von der Richtungslinie A B hervorgebracht werden. Nennen wir nun ferner die Geschwindigkeit des Körpers, die er in A hat, um auf A B fortzugehen ... c, so würde der in der Zeit t durchlaufene Raum = c t seyn, und wenn A B = c t ist, so gelangt der Körper vermöge der Wirkungen beider Kräfte in dieser Zeit nach E, wenn A B E D ein Parallelogramm ist. Damit nun C E = C A sey, muſs seyn:

$$DE : AD = \text{Sin } ACE : \text{Sin vers. } ACE$$

$$\text{oder } ct : gpt^2 = \text{Sin } ACE : 1 - \text{Cos } ACE.$$

$$= \sqrt{(1 + \text{Cos } ACE)} : \sqrt{(1 - \text{Cos } ACE)},$$

$$\text{oder } c : g\,p\,t = 1 : \text{Tang. } \tfrac{1}{2}\, ACE.$$

Bei so kleinen Bogen aber, wie sie hier vorausgesetzt werden, ist

$$\text{Tang. } \tfrac{1}{2}\, ACE = \frac{\tfrac{1}{2}\text{ Bogen } AE}{r},$$

wenn C A = r ist, und

Bogen A E ist sehr nahe = c t,

$$\text{also } c : g\,pt = 1 : \frac{c\,t}{2\,r},$$

$$\text{das ist } p \text{ muſs} = \frac{c^2}{2\,g\,r}$$

seyn, damit der Körper in derselben Entfernung bleibe.

Anmerkung. Diese Bestimmung ist vollkommen richtig, sie erscheint aber als unvollkommen, weil Gröſsen, die allerdings nicht viel verschieden seyn können, geradezu als ge-

nau gleich mit einander vertauscht sind. Diese Unvollkommenheit vermeidet man, wenn man Grenzen angiebt, zwischen welchen die Kraft nothwendig enthalten seyn muſs, und diese kann man strenge bestimmen, ohne sich schwieriger Rechnungen und höherer Analysis zu bedienen; wie ich es in meinem Lehrbuche[1] gezeigt habe. Eine solche Bestimmung bewährt die Richtigkeit des eben Gefundnen.

6. Eine so groſse anziehende Kraft muſs also dem Mittelpuncte eigen seyn, wenn der Körper im ersten Augenblicke und eben deshalb auch unaufhörlich sich auf dem Umfange desselben Kreises erhalten soll. Die Geschwindigkeit des bewegten Körpers bleibt dabei ungeändert, da die auf die Richtung der Bewegung senkrechte Kraft dem Körper weder eine gröſsere Geschwindigkeit ertheilen, noch auch die erlangte schwächen kann. Die anziehende Kraft hat also einzig die Wirkung, zu hindern, daſs der Körper sich nicht vom Mittelpuncte entferne, und wir sehen sie daher an, als gerade entgegen wirkend einer Kraft, die diese Entfernung vom Mittelpuncte zu bewirken strebt, und die daher Centrifugalkraft oder Schwungkraft heiſst. Der Ausdruck $p = \frac{c^2}{2gr}$ ist daher als das Maſs dieser Schwungkraft anzusehen, die folglich im directen Verhältnisse des Quadrates der Geschwindigkeit und im umgekehrten Verhältnisse des Halbmessers desjenigen Kreises, auf welchem die Bewegung geschieht, stehet.

7. Wenn der Körper mit der unveränderlichen Geschwindigkeit $= c$ den Umfang $= 2\pi r$ des Kreises vom Halbmesser $= r$ durchläuft, so ist die ganze Umlaufszeit $T = \frac{2\pi r}{c}$, oder $c = \frac{2\pi r}{T}$, und folglich ist auch $p = \frac{c^2}{2gr} = \frac{2\pi^2 r}{gT^2}$, oder die Schwungkraft ist direct dem Halbmesser des Kreises und umgekehrt dem Quadrate der Umlaufszeit proportional[2].

8. Sollen durch die anziehende Kraft eines und desselben

---

1 Lehrbuch der Gesetze des Gleichgewichts u. d. Bewegg. fester u. flüss. Körper von Brandes. II. 78.

2 Vergl. *Centrifugalkraft*.

Körpers zum Beispiel der Sonne im Planetensystem verschiedene Körper in verschiedenen Entfernungen auf ihren Kreisen erhalten werden, so ist p eine in verschiedenen Abständen ungleiche Kraft. Weiſs man nun aus Keplers Untersuchungen, daſs bei den Planeten die Quadrate der Umlaufszeiten sich wie die Kubi der Abstände verhalten (*Keplers drittes Gesetz*) so ist, wenn r und T sich auf den einen, r′ und T′ sich auf den andern Planeten beziehen, und p, p′, die anziehenden Kräfte bedeuten nach dem Gesetze der Schwungkräfte, denen jene anziehenden Kräfte das Gleichgewicht halten müssen,

$$p : p' = \frac{r}{T^2} : \frac{r'}{T'^2},$$

aber nach dem dritten Keplerschen Gesetze

auch $T^2 : T'^2 = r^3 : r'^3$,

$$\text{also } p : p' = \frac{r}{T^2} : \frac{r^3}{r'^2 . T^2} = \frac{1}{r^2} : \frac{1}{r'^2},$$

die anziehenden Kräfte müssen sich, wie die Quadrate der Entfernungen umgekehrt verhalten, wenn das dritte Keplersche Gesetz richtig ist.

Allgemeine Untersuchung über die Centralbewegung.

9. Wenn der Körper auch nicht auf einem Kreise fortgeht, so kann man dennoch die Schwungkraft, die er vermöge der Bewegung auf seiner Bahn in jedem Puncte erlangt, berechnen. Jeder kleine Theil einer Curve kann nämlich als mit einem kleinen Kreisbogen zusammenfallend angesehen werden, und der Halbmesser dieses Kreises, welcher der Krümmungshalbmesser der Curve in eben diesem Puncte heiſst, dient ebenso zur Bestimmung der Schwungkraft wie vorhin, wo der Körper den ganzen Kreis durchlief. Man kann daher, um kurz zu übersehen, worauf die Bestimmung der Bewegung beruht, nur folgende Ueberlegung anstellen.

Es sei C der anziehende Mittelpunct, A der Punct, wo der Körper sich in seiner Bahn befindet, und A B die Tangente der Bahn. Zerlegt man nun die beschleunigende Kraft, die auf A nach der Richtung A C wirkt, in eine auf A B senkrechte und in eine damit parallele, so wird die letztere angewandt, Fig. 30.

um die Geschwindigkeit zu vermehren, wenn C A B ein sp zer Winkel, zu vermindern, wenn C A B ein stumpfer W kel ist; die erstere aber mufs der Schwungkraft das Gleich wicht halten, und man kann daher entweder die in A wirke Kraft bestimmen, wenn die Bahn des Körpers bekannt ist, o man kann umgekehrt angeben, wie grofs der Krümmungsha messer der Curve an dieser Stelle seyn mufs, wenn man Gröfse der Kraft und die dort stattfindende Geschwindigk kennt. Ein Beispiel wird dies erläutern.

10. Nach Keplers Bestimmungen bewegen sich die Pla ten in Ellipsen, in deren Brennpuncte die Sonne steht, u die um die Sonne beschriebenen Sectoren sind der Zeit prop tional. Die letzte Bemerkung läfst uns schliefsen, dafs Kraft, welche den Planeten in seiner Bahn erhält, in der So im Brennpuncte der Ellipse ihren Sitz hat; wir wollen da für einige Puncte der Ellipse die Gröfse dieser Kraft zu besti men suchen.

Wenn die halbe grofse Axe der Ellipse $= a$, die halbe kle Axe $= b$ heifst, so ist der Inhalt der Ellipse $= a. b. \pi$, v er sich zum Inhalt eines Kreises vom Halbmesser a verhält, b : a. Nenne ich T die in Secunden ausgedrückte Umlaufsz so ist $\frac{a b \pi}{T} =$ dem in 1 Sec. beschriebenen Sector. Befin sich nun der Körper in der grofsen Axe und zwar in dem Pun A, welcher der Sonne C am nächsten ist, so ist seine Entf nung $C A = a - \sqrt{(a^2 - b^2)}$; und wenn A B den in 1 S durchlaufenen Bogen vorstellt, und $AB = c$ ist, so hat n (Fig. 33.)

den Sector $A C B = \frac{1}{2} c. (a - \sqrt{(a^2 - b^2)}) = \frac{a b \pi}{T}$,

wodurch $c = \frac{2 a b \pi}{T (a - \sqrt{(a^2 - b^2)})}$ bestimmt ist. Der Krü mungshalbmesser der Ellipse ist in diesem Puncte $= \frac{b^2}{a} =$

und folglich die Schwungkraft $= \frac{c^2}{2 g r} =$

$$\frac{4 a^2 b^2 \pi^2}{T^2 (a - \sqrt{(a^2 - b^2)})^2} \cdot \frac{a}{2 g b^2} = \frac{2 a^3 \pi^2}{g T^2 f^2},$$ wenn ich $(a - \sqrt{(a^2 - b^2)}) = f$ nenne.

Am andern Ende der grofsen Axe bei G sey c' die Geschwindigkeit, f' die Entfernung, so ist, weil auch da die Richtung der Bewegung senkrecht auf den Radius Vector ist, der Sector $= \frac{1}{2} c' f' = \frac{a\,b\,\pi}{T.}$, also $c' = \frac{2\,a\,b\,\pi}{T.\,f'}$, und die Schwungkraft $= \frac{2\,a^3\,\pi^2}{g.\,T^2.\,f'^2}$. Also verhalten sich die Schwungkräfte an beiden Enden der grofsen Axe, umgekehrt wie die Quadrate der Entfernung wie $\frac{1}{f^2} : \frac{1}{f'^2}$, und eben so mufs sich also die dieser Schwungkraft hier genau entgegengesetzte Anziehungskraft der Sonne verhalten, weil sie es ist, die den Körper hindert, der Trägheit zu folgen, und ihn nöthigt, in dieser bestimmten Bahn zu bleiben.

Wir wollen noch als dritten Punct der Bahn den Endpunct der kleinen Axe betrachten. Wenn E der Mittelpunct der Bahn, D der Endpunct der kleinen Axe ist, so ist hier die Richtung der Bewegung auf E D senkrecht; der Abstand C D vom Brennpuncte ist hier $= a$, und wenn D H $= c''$ hier den Weg in einer Secunde bedeutet, so ist der Sector D C H $= \frac{1}{2} c''.\,b.$ weil des Sectors Höhe D E $=$ b ist, also $c'' = \frac{2\,a\,b\,\pi}{T.\,b} = \frac{2\,a\,\pi}{T}$.

Der Krümmungshalbmesser der Ellipse ist an dieser Stelle $= \frac{a^2}{b}$, also die Schwungkraft $= \frac{4\,a^2\,\pi^2}{T^2} \cdot \frac{b}{2\,g\,a^2} = \frac{2\,b\,\pi^2}{g\,T^2}$.

Hier ist es aber nicht die gesammte Attractionskraft der Sonne, die der Schwungkraft entgegen wirkt, sondern wenn die ganze Kraft nach der Richtung D C, ... p'' heifst, so ist der Theil derselben, der senkrecht gegen die Bahn gerichtet ist,

$$= p''.\,\text{Cos. } C\,D\,E = \frac{p''\,b}{a},$$

also mufs $\frac{p''\,b}{a} = \frac{2\,b\,\pi^2}{g\,T^2}$

oder $p'' = \frac{2\,a\,\pi^2}{g\,T^2}$ seyn.

Die Werthe der Normalkraft in den drei betrachteten Puncten sind allso $\frac{2\,a\,\pi^2.\,a^2}{g\,T^2.\,f^2}$; $\frac{2\,a\,\pi^2.\,a^2}{g\,T^2\,f'^2}$; $\frac{2\,a\,\pi^2}{g\,T^2} \cdot \frac{a^2}{a^2}$,

sie verhalten sich also wie $\frac{1}{f^2} : \frac{1}{f'^2} : \frac{1}{a^2}$, oder umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen f, f', a. Für andere Puncte der Ellipse würde man dasselbe Gesetz bestätigt finden.

11. Um aber die Frage, ob die Bewegung, wenigstens in Beziehung auf die betrachteten drei Puncte, ganz einer solchen, im umgekehrten Verhältnifs des Quadrates der Entfernungen wirkenden Kraft gemäfs sey, sollten wir auch noch die Geschwindigkeiten c, c', c'' näher betrachten. Es sollte, damit der Gleichheit der Sectoren Genüge geschähe, für die gröfseste Entfernung $f' = a + \sqrt{(a^2 - b^2)}$, $c' = \frac{2 a b \pi}{T f'}$; für die mittlere Entfernung $= a$, $c'' = \frac{2 a \pi}{T}$; für die kleinste $f = a - \sqrt{(a^2 - b^2)}$ die Geschwindigkeit $c = \frac{2 a b \pi}{T f}$ seyn.

Um hier nicht die ganze Lehre von der Bestimmung der Geschwindigkeit eines frei gegen einen anziehenden Mittelpunct fallenden Körpers einzuschalten, will ich den Satz als erwiesen annehmen, dafs, wenn C, C' die Geschwindigkeiten sind, die dieser Körper in den Entfernungen F, F' hatte, $C^2 - C'^2 = 4 g l^1 \left\{\frac{F' - F}{F . F'}\right\}$ seyn mufs, wenn die Kraft den Quadraten der Abstände umgekehrt proportional ist, und l hier eine von der absoluten Gröfse der Kraft abhängende Gröfse bedeutet. In unserm Falle ist nun $c^2 - c'^2 =$

$$\frac{4 a^2 b^2 \pi^2}{T^2}\left(\frac{1}{f^2} - \frac{1}{f'^2}\right) = \frac{4 a^2 b^2 \pi^2}{T^2} \cdot \frac{(f' + f)(f' - f)}{f^2 f'^2}$$

$$\text{und } c^2 - c''^2 = \frac{4 a^2 b^2 \pi^2}{T^2}\left(\frac{1}{f^2} - \frac{1}{b^2}\right) = \frac{4 a^2 b^2 \pi^2}{T^2} \cdot \frac{(b+f)(b-f)}{b^2 f^2},$$

oder weil $f' + f = 2 a$ und $f' . f = b^2$ ist,

$c^2 - c'^2 = \frac{8 a^3 \pi^2}{T^2} \frac{(f' - f)}{f f'}$, wie es nach der durch C, F ausgedrückten allgemeinen Formel seyn mufs; und weil

$$b^2 - f^2 = 2\sqrt{(a^2 - b^2)}. (a - \sqrt{(a^2 - b^2)})$$

$$\text{oder } b^2 - f^2 = 2\sqrt{D (a^2 - b^2)}. f, \text{ ist, } c^2 - c''^2 =$$

$\frac{8 a^2 \pi^2}{T^2} : \frac{\sqrt{(a^2 - b^2)}}{f} = \frac{8 a^3 \pi^2}{T^2}, \frac{(a - f)}{a f}$, welches gleichfalls jener Formel gemäfs ist.

12. Diese Betrachtungen werden hinreichen, um denen, die ohne höhere Analysis die Gründe für die theoretische Bestimmung der Planetenbahnen zu übersehen wünschen, den Weg zu zeigen; ich gehe jetzt zu gründlichern Untersuchungen über.

Es sey C der Mitterpunct der Kräfte, A B, die noch unbekannte Bahn des Körpers, die durch den Winkel $ACB = \varphi$ und den Abstand $CB = z$ bestimmt werden soll. Ist nun B D die an die Bahn in B gezogene Tangente und p die Gröfse der in B wirkenden beschleunigenden Kraft, so ist, wenn man die Senkrechte $CD = w$ auf die Tangente vom Mittelpuncte aus fället, die mit B D parallele, die Bewegung beschleunigende Kraft $= \frac{p\sqrt{(z^2 - w^2)}}{z}$; Fig. 34.

die auf die Richtung der Bewegung senkrechte Kraft $= \frac{p.\,w}{z}$.

War nun die in B erlangte Geschwindigkeit $= v$, so ist $dv = \frac{2\,g\,dt.\,p.\sqrt{(z^2 - w^2)}}{z}$ oder $vdv =$

$\frac{2g\,ds.\,p.\sqrt{(z^2 - w^2)}}{z}$, und $\frac{p\,w}{z} = \frac{v^2}{2gr}$, wenn r den Krümmungshalbmesser in diesem Punct bedeutet. Diese Gleichungen reichen hin, um alle Umstände der Bewegung zu bestimmen; denn r läfst sich durch z und w, ds läfst sich durch eben die Gröfsen ausdrücken, und folglich enthalten die Gleichungen nur die drei veränderlichen Gröfsen v, w, z, wenn p gegeben ist, und es läfst sich aus beiden eine Gleichung für die Bahn, zwischen z und w, finden.

Um die Gleichungen bequemer darzustellen, wollen wir bemerken, dafs $\text{Cos}\,CBD = -\frac{dz}{ds} = \frac{\sqrt{(z^2 - w^2)}}{z}$, wo das — Zeichen steht, weil z abnimmt, wenn C B D ein spitzer Winkel ist. Die vorige erste Formel giebt also

$$v\,dv = -2\,g\,p\,dz.$$

woraus $\frac{v^2}{4g} = \frac{c^2}{4g} - \int p\,dz$, folgt, wenn c die an einem gewissen Orte statt findende Anfangsgeschwindigkeit bedeutet.

Diese Formel spricht den in Nr. 8. angeführten Satz aus, der also hier vollständig erwiesen ist

Um die andere Formel bequemer darzustellen, müssen wir r durch z und w ausdrücken. Bekanntlich ist $r = \frac{d\,s}{d\,\psi}$, wenn $d\,\psi$ den Krümmungswinkel bedeutet; aber wenn man die beiden Tangenten B D, b d zieht, die den Winkel $= d\,\psi$ mit einander machen, so ist $D\,d = -d\,w. = B\,D.\,d\,\psi$

also $d\,\psi = \frac{-d\,w}{\sqrt{(z^2 - w^2)}}$, und da auch $d\,s = \frac{-z\,d\,z}{\sqrt{(z^2 - w^2)}}$ war, $\frac{d\,s}{d\,\psi} = r = \frac{z\,d\,z}{d\,w}$ also $v^2 = 2\,g\,p.\,\frac{w\,d\,z}{d\,w}$, und vermöge der erste Gleichung $v\,d\,v = -2\,g\,p\,d\,z$, also durch Division $\frac{d\,v}{v} = \frac{-d\,w}{w}$, und $v = \frac{C}{w}$, $v.\,w = C$.

Dies ist der in Nr. 2. ausgesprochne Satz; denn v ist der in 1 Sec. durchlaufene Weg, und folglich v die Basis, w die Höhe des in 1 Sec. durchlaufenen Sectors, dessen doppelter Inhalt also $= C$, unveränderlich ist.

Setzt man diesen Werth von v, $v = \frac{C}{w}$ in die Gleichung $v^2 = \frac{2\,g\,p\,w\,d\,z}{d\,w}$, so ist $C^2 = \frac{2\,g\,p.\,w^3.\,d\,z}{d\,w}$ eine Gleichung, welche die Bahn des bewegten Körpers bestimmt, wenn p eine gegebne Function von z ist.

Anwendung auf die Planetenbahnen.

13. Es sey $z = \frac{\frac{1}{2}P}{1 + \text{Cos.}\,\varphi.\sqrt{\left(1 - \frac{P}{2\,a}\right)}}$ die Gleichung für einen Kegelschnitt,

$$\text{also Cos.}\,\varphi = \frac{\frac{P}{2\,z} - 1}{\sqrt{\left(1 - \frac{P}{2\,a}\right)}};$$

$$d\,\varphi.\,\text{Sin.}\,\varphi = \frac{\frac{1}{2}P\,d\,z}{z^2.\sqrt{\left(1 - \frac{P}{2\,a}\right)}}.$$

Nun ist, wenn w noch immer die Senkrechte auf die Tangente bedeutet, bei jeder Curve $\frac{w}{z} = \frac{z\, d\varphi}{ds}$ oder

$$w = \frac{z^2\, d\varphi}{\sqrt{(d z^2 + z^2\, d\varphi^2)}},$$ das ist in unserm Falle

$$w = \frac{\frac{1}{2} P z}{\sqrt{\left(\frac{1}{4} P^2 + z^2 \operatorname{Sin.}^2 \varphi \left(1 - \frac{P}{2a}\right)\right)}},$$ oder weil

$\operatorname{Sin}^2 \varphi . \left(1 - \frac{P}{2a}\right)$ hier $= \frac{P}{z} - \frac{P}{2a} - \frac{P^2}{4z^2}$; so ist

$$\frac{1}{w^2} = \frac{4}{Pz} - = \frac{2}{Pa} \text{ und } \frac{dw}{w^3} = \frac{2dz}{Pz^2}.$$

Für die Centralbewegung sollte aber seyn $p = \frac{C^2\, dw}{2g . w^3 . dz}$.

also muſs hier $p = \frac{C^2}{g P z^2}$, die anziehende Kraft dem Quadrate des Abstands z umgekehrt proportional seyn, wenn der Körper einen Kegelschnitt durchlaufen soll.

14. Nehmen wir umgekehrt an, es solle das Gesetz der Kraft seyn $p = \frac{A^2}{z^2}$ und man verlange die Curve zu bestimmen, die der Körper dann durchlaufen wird, so würden wir die letzte Gleichung in Nr. 12. durch $C^2 = \frac{2\, g\, A^2\, w^3\, dt}{z^2\, dw}$ ausgedrückt erhalten. Daraus würde $\frac{C^2}{2w^2} = \frac{2g\, A^2}{z} + B$ folgen, als Gleichung für die gesuchte Curve. Da wir aber eben nicht gewohnt sind, eine Curve durch den Abstand z und die Senkrechte w auf die Tangente darzustellen, so suchen wir w wegzuschaffen, und dafür jede Curve $\frac{1}{w^2} = \frac{dz^2}{z^4\, d\varphi^2} + \frac{1}{z^2}$ ist, (vgl. Nr. 13), so giebt die vorige Gleichung

$$\frac{C^2\, dz^2}{2z^4\, d\varphi^2} + \frac{C^2}{2z^2} = \frac{2\, g\, A^2}{z} + B,$$

$$C^2\, dz^2 = (2 B z^4 + 4 g A^2 z^3 - C^2 z^2)\, d\varphi^2 \text{ oder}$$

$$d\varphi = \frac{C\, dz}{z\sqrt{(2 B z^2 + 4 g A^2 z - C^2)}}$$

Das Integral $\int \frac{dz}{z\sqrt{(\alpha z^2 + \beta z - \gamma)}}$

ist aber $= \text{Const.} - \frac{1}{\sqrt{\gamma}}\ \text{Arc. Tg.}\ \frac{2\gamma - \beta z}{2\sqrt{\gamma}\cdot\sqrt{(\alpha z^2 + \beta z - \gamma)}}$

also $\varphi = \text{Const.} - \text{Arc. Tang.}\ \frac{C^2 - 2 g A^2 z}{C\sqrt{(2 B z^2 + 4 g A^2 z - C^2)}}$

oder wenn ich die Const. $= D$ nenne,

$$\text{Tang.}\ (D - \varphi) = \frac{C^2 - 2 g A^2 z}{C\sqrt{(2 B z^2 + 4 g A^2 z - C^2)}}.$$

$$\text{und Sin}\ (D - \varphi) = \frac{C^2 - 2 g A^2 z}{z\sqrt{(2 B C^2 + 4 g^2 A^4)}},$$

$$\text{oder}\ z = \frac{C^2}{2 g A^2 + \sqrt{(2 B C^2 + 4 g^2 A^4)}\ \text{Sin.}\ (D - \varphi)}.$$

Dies ist die allgemeine Gleichung für die Curve, welche beschrieben werden kann. Sie ist aber ganz mit der Gleichung für die Kegelschnitte einerley, wenn $\omega = 90^\circ - D + \varphi$ den Winkel bedeutet, den der Radius Vector mit der Haupt-Axe einschliefst, denn alsdann ist

$$z = \frac{C^2}{2g A^2 + \text{Cos.}\ \omega.\sqrt{(2 B C^2 + 4 g^2 A^4)}}$$

und es ist $\frac{1}{2}\ P = \frac{C^2}{2g A^2}$ der halbe Parameter des Kegelschnitts

und $\frac{2 B C^2}{4 g^2 A^4}$ ist $= \frac{P}{2 a}$, also die halbe grofse Axe

$a = \frac{g A^2}{B}$, wie die Vergleichung der für alle Kegelschnitte passenden Gleichung Nr. 13. zeigt.

Die grofse Axe ist also negativ oder die Curve ist eine Ellipse, wenn B negativ ist; die Curve ist eine Hyperbel, wenn B positiv ist, und endlich eine Parabel, wenn $B = 0$ ist.

Wenn $\omega = 0$ ist, so befindet sich der bewegte Körper in der kleinsten Entfernung vom anziehenden Körper, weil dann der aus zwei positiven Gliedern bestehende Nenner am gröfsesten ist. Für ein negatives B erhält z feinen gröfsten Werth, wenn $\omega = 180^\circ$ ist, und in der Ellipse ist also da der bewegte Körper in seinen gröfsten Abstande vom anziehenden Körper. Für $B = 0$ wird mit wachsendem ω, z immer gröfser und

z wächst ins Unendliche, wenn ω sich dem Werthe $= 180°$ nähert; der Körper läuft auf dem Aste der Parabel ins Unendliche hinaus. Ist endlich B positiv, so wächst z mit zunehmendem Werthe von ω immerfort, bis

$$\text{Cos.}\,\omega = -\frac{2\,g\,A^2}{\sqrt{(2\,B\,C^2 + 4\,g^2\,A^4)}}$$

ist, oder diesen Werth, wo der Radius Vector mit der Asymptote der Hyperbel parallel wäre, erreicht ω niemals vollkommen, wenn sich auch der Körper auf dem Aste der Hyperbel noch so weit entfernt.

Dies alles gilt, wenn die Kraft $= \frac{A^2}{z^2}$ eine anziehende ist; eine abstofsende Kraft müfste man durch $-\frac{A^2}{z^2}$ ausdrücken, und also A^2 überall mit $-$ bezeichnen. Für eine abstofsende Kraft ist also

$$z = \frac{C^2}{-2\,g\,A^2 + \text{Cos.}\,\omega\,\sqrt{(2\,B\,C^2 + 4\,g^2\,A^4)}}$$

und auch dieses ist eine Gleichung für die Hyperbel, weil, wie sogleich sich zeigen wird, B allemal positiv ist, für diesen Fall. Hier entspricht

$$z = \frac{C^2}{-2\,g\,A^2 + \sqrt{(2\,B\,C^2 + 4\,g^2\,A^4)}}$$

dem andern Endpuncte der Axe oder dem Puncte, wo die gegen den Brennpunct convexe Hälfte der Hyperbel diesem am nächsten ist; auch hier nimmt z zu, wenn ω zunimmt und z wird schon unendlich, wenn

$$\text{Cos.}\,\omega = \frac{2\,g\,A^2}{\sqrt{(2\,B\,C^2 + 4\,g^2\,A^4)}}$$

ist, der Körper geht auf dem Aste des entfernteren Theiles der Hyperbel fort.

15. Um deutlicher zu übersehen, wenn denn B positiv, $= 0$, oder negativ werde, müssen wir die zwei durch Integration eingeführten constanten Gröfsen B, C, näher bestimmen.

Von C habe ich schon bemerkt, dafs es den doppelten in der Zeit Einheit beschriebenen Sector bezeichnet. Heifst also der kleinste Abstand des bewegten Körpers $= h$, und ist, wenn er sich da befindet, seine Geschwindigkeit $= c$, so ist

$C = h\,c$, weil hier die Richtung der Bewegung senkrech den Radius Vector ist.

Die Gröfse A ist durch die absolute Gröfse der anzie den Kraft p bestimmt; sie ist nämlich gleich dem Abst von Centro, in welchem p = 1 der als Einheit angenon nen Kraft gleich ist. Bezieht sich also g auf die Schwere, bezeichnet g den vermöge der Schwerkraft in der ersten Se de durchlaufenen Fallraum, so ist A die Entfernung, in cher die Attractionskraft des Punctes C der Schwerkraft g ist. Damit ist dann auch B bestimmt. In dem Periheli $z = w = h$ weil der Radius Vector senkrecht auf die gente ist, also

$$B = \frac{h^2 c^2}{2 h^2} - \frac{2 g A^2}{h} = \frac{c^2 h - 4 g A^2}{2 h}.$$

Und nun erhellt, dafs der Körper in einer Parabel läuft, w $\frac{C^2}{4 g} = \frac{A^2}{h}$; in einer Ellipse, wenn $\frac{C^2}{4 g} < \frac{A^2}{h}$, in e Hyperbel, wenn $\frac{C^2}{4 g} > \frac{A^2}{h}$ ist.

Soll die Gleichung für den Kreis passen, so mufs $\frac{1}{2} P =$ also $- B\,C^2 = 2\,g^2\,A^4$ seyn (weil die Ellipse hier hervorg wenn a negativ war); das ist, es mufs $\frac{C^2}{4 g} = \frac{A^2}{2 h}$ seyn

Geschichte dieser Lehren.

16. Galilaei, der zuerst krummlinige Bewegungen n mathematischen Regeln bestimmte, blieb bei der Betracht der geworfenen Körper, auf welche die Schwere wirkt, stel und seine Untersuchung gehören also nicht ganz hieher. H gens machte zuerst die wichtigen Sätze von der Schwungk im Kreise bekannt[1] und zwar anfangs ohne Beweis. Die Bew finden sich in den erst nach seinem Tode herausgekommenen W ken[2], die eine eigne Abhandlung de vi centrifuga enthal Er benutzte diese Lehre nicht blofs, um die Untersuchung ü

1. Horologium oscillatorium. Paris. 1673.
2. Hugenii opusc. posth. Amstelod. 1728. Tom. II. pag. 105.

das Pendel darauf zu gründen, sondern zeigte auch, dafs wegen der Schwungkraft die Erde abgeplattet seyn müsse, u. s. w. Ganz vollendet stellte Newton die Theorie der Centralbewegung in seinen Principien dar[3]; er bewies dort alle hier mitgetheilten Sätze nach der synthetischen Methode, in welcher das ganze Buch geschrieben ist. Er lehrte die Bestimmung der anziehenden Kraft auch für andere gegebene Bahnen der Körper; untersuchte, welche Folgen es hat, wenn der anziehende Körper selbst eine Bewegung hat; und gründete darauf die Untersuchung über die Bewegungen der Planeten und des Mondes.

Nachdem durch dieses Werk, dessen Ruhm gewifs mit Recht unsterblich heifsen kann, der Grund zu einer vollkommneren Kenntnifs der Bewegungen auf krummen Linien gegeben worden, war es minder schwer, theils dieselben Lehren in analytischer Form darzustellen, theils sie mit neuen Lehrsätzen zu bereichern. Dieses ist von Euler, Lagrange, Laplace, Olbers, Gauss u. a. geschehen; und diese Lehren findet man jetzt in allen guten Lehrbüchern der Mechanik. *B.*

Centralfeuer, S. *Erde. Temperatur derselben.*

Centralkraft.

Vis centralis; force centrale; *centralforce.* Eine Kraft, welche den bewegten Körper immer gegen einen bestimmten Punct hin zu ziehen, oder abstofsend ihn von demselben zu entfernen strebt, heifst Centralkraft. Die Bewegung, die vermöge der Einwirkung solcher Centralkräfte entsteht, ist in dem Artikel *Centralbewegung* betrachtet werden. Wenn die Kraft gegen den Mittelpunct zu wirkt, so heifst sie *Centripetalkraft* und nöthiget den Körper, dessen Bewegung nicht gerade gegen den Mittelpunct zu gerichtet ist, eine krumme Linie zu durchlaufen, die hohl gegen den anziehenden Mittelpunct ist. Wenn die Kraft abstofsend wirkt, so würde sie eine eigentliche Centrifugalkraft seyn, und den Körper nöthigen, eine Curve zu durchlaufen, deren convexe Seite dem abstofsen-

---

3. Principia philos. naturalis Lib. I. Sect. 2. 3.

den Mittelpunct zugewandt wäre. Die Sonne besitzt eine Ce
tralkraft, durch welche sie die Planeten und Kometen in ihr
Bahnen erhält. da diese Kraft eine anziehende und umgekeh
den Quadraten der Entfernung proportional ist, so müssen d
Bahnen der Planeten und Kometen Ellipsen, Parabeln oder H
perbeln seyn, und was die Hyperbel betrifft, so müfste d
Körper sich in derjenigen Hälfte der Hyperbel bewegen, d
ihre hohle Seite gegen die Sonne kehrt. Gäbe es Körper, a
welche die Sonne abstofsend wirkte und gleichfalls so, dafs d
Kräfte umgekehrt den Quadraten der Entfernung proportion
wären, so müfsten solche Körper in Hyperbeln laufen, und zw
in derjenigen Hälfte der Hyperbel, die ihre Convexität geg
die Sonne kehrt. Die Gründe hierfür sind in Art. *Centralb
wegung*. Nr. 14. 15. dargelegt.

Zu den Centralkräften gehört sodann noch die aus d
Trägheit des Körpers hervorgehende *Schwungkraft*, die si
als eine vom Krümmungsmittelpuncte abwärts strebende Kr
zeigt. Warum man sie als eine der Centralkraft, von welch
die Bewegung regiert wird, oder vielmehr der aus ihr entspri
genden Normalkraft, entgegen wirkende Kraft ansehen mu
und wie ihre Gröfse bestimmt wird, ist im Art. *Centrifugalkra*
angegeben.

Aufgabe der Centralkräfte nennt man die Frag
wie aus der gegebnen krummen Linie das Gesetz der wirkend
Centralkraft gefunden werden könne. Ein Beispiel giebt d
Art. *Centralbewegung*. Nr 13. und Newton beantwortet meh
rere solche Fragen[1]. *Die verkehrte Aufgabe der Cen
tralkräfte* ist dagegen diejenige, wo man die Beschaffenhe
der Bahn aus dem Gesetze der Kraft will kennen lernen, w
es im Art. *Centralbewegung*. Nr. 14. 15. geschehen ist. Völl
allgemein hat Joh. Bernoulli diese zuerst aufgelöst[2]. *B.*

Centrifugalkraft.

Vis centrifuga; force centrifuge; *centrifugal forc*
ist eine Kraft, die eine Entfernung von einem bestimmten M

---

1. Principia. Lib. I. Sect. 2. 3. Propos. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13.
2. Opera Tom. I. p. 470.

: zu bewirken strebt. Man versteht gewöhnlich die
gkraft darunter, die nicht als eine ursprüngliche
zusehen, sondern blofs eine Folge der Trägheit der
t. Warum man sie gleichwohl eine Kraft nennt, erhellt
dem, was im Art. *Centralbewegung*, Nr. 6 gesagt wor-
n da sie einer Kraft das Gleichgewicht hält, so mufs
eine Kraft seyn, deren Mafs nach den dort angegeb-
zipien richtig bestimmt wird. Ihre Gröfse ist dort
chung gegen die Schwere, oder diejenige als Einheit
nene Kraft bestimmt, die 1 Sec. wirkend dem Kör-
eschwindigkeit = 2 g ertheilt. Sie ist also dort als
leunigende Kraft angesehen worden, und die folgen-
chtungen werden noch etwas näher zeigen, mit wel-
hte wir sie so betrachten durften, und in welcher
: man sie als *bewegende* Kraft ansehen kann.

n man eine Kugel, deren Gewicht ich 1 Pfund setzen
einem Faden gehalten, im Kreise schwingt, so wird
durch die Schwungkraft gespannt erhalten und kann
von ihr zerrissen werden. Könnte man einen Faden
der ganz genau ein Pfund tragen könnte, oder durch
längtes Gewicht, das nur irgend mehr als ein Pfund
zerrissen würde, so dürfte man, wenn des Fadens Län-
wäre, die Geschwindigkeit nicht über $c = \sqrt{2\,g\,r}$ ver-
, sonst risse der Faden. Sobald nämlich $c^2 = 2\,g\,r$
die Schwungkraft eben die Gewalt, wie die Schwere,
und die Masse, die wir ein Pfund nennen, übt dann
n so grofsen Druck, eine eben so grofse bewegende
vermöge der Schwungkraft, als vermöge der Schwer-
ätte man an demselben Faden eine Masse, die nur $\frac{1}{4}$
ge befestigt, so müfste man die Geschwindigkeit ver-
wenn r denselben Werth behält, um einen viermal so
Werth der Schwungkraft, als beschleunigende Kraft
:, zu erhalten; diese vierfache Kraft bewirkt, dafs
so stark drückt, als ein ganzes der Wirkung der
ausgesetztes Pfund, und dieses Viertelpfund kann bei
eschwindigkeit wieder den Faden zerreifsen.

um Beispiel $r = 1$ Fufs, $2g = 30$ Fufs, $c = 5\frac{1}{2}$ Fufs,
nahe $p = \frac{c^2}{2\,g\,r} = 1$, und das mit $5\frac{1}{2}$ Fufs Geschwin-

digkeit bewegte ganze Pfund würde den Faden zerreifsen; aber um mit dem herumgeschwungenen Viertelpfunde den Faden zu zerreifsen, müfste man demselben eine Geschwindigkeit von etwa 11 Fufs in der Secunde geben.

Von dieser Schwungkraft hängen viele Erscheinungen ab. Wie sie bei der Bewegung geworfener Körper in Betrachtung kommt, zeigt der Art. *Centralbewegung*. — Die sphäroidische Gestalt der Erde wird durch die Schwungkraft hervorgebracht; indem diese der Schwerkraft entgegen wirkt, daher den Körpern auf der Erde einen Theil ihrer Schwere raubt, und dies am meisten um den Aequator, wo sich deshalb, um den Gegendruck herzustellen, eine gröfsere Wassermenge anhäuft. — Von der Schwungkraft hängen die Wirbel ab, die wir in fliefsendem Wasser sehen; — die mit ziemlich bedeutender Geschwindigkeit um einen Mittelpunct laufenden Theilchen streben, sich von diesem Mittelpuncte zu entfernen, und da das umgebende Wasser dies nicht ganz gestattet, so steht das Wasser am Rande des Wirbels höher, in der Mitte tiefer, und hier oft sehr bedeutend tief, wo dann der Platz mit Schaum, d. i. Luft, die nur sehr wenig Wasser zwischen sich hat, ausgefüllt ist.

B.

Centrifugalmaschine,

the whirlingtable, ein Instrument, woran man durch Umdrehung einer horizontalen Scheibe die Wirkungen der Schwungkraft zeigen kann.

1. Die Einrichtung derselben besteht im Wesentlichen darin, dafs eine oder zwei horizontale Scheiben, meistentheils vermittelst einer Schnur ohne Ende durch ein Rad, oder eine Scheibe welche man dreht, in eine schnelle Bewegung gesetzt werden. Hierbei kann man eine ungleiche Geschwindigkeit jener Scheibe, die ich die Schwungscheibe nennen will, durch mehr oder minder schnelles Drehen des Rades bewirken, und überdies hat jeder auf der Schwungscheibe weiter vom Mittelpuncte entfernte Punct eine gröfsere Geschwindigkeit. Weifs man, wie viele Umläufe die Schwungscheibe macht, während sich das mit der Hand gedrehte Rad einmal dreht, so kann

t die wahre Geschwindigkeit jedes Punctes auf der
estimmen.

ebt mehrere Constructionen dieser Maschine, und die
deren man sich zur Erläuterung der Erscheinungen
ungkraft bedient, sind mehr oder minder zusammen
d zahlreich, lassen sich aber leicht auffinden und ab-
Aufser den älteren Maschinen findet man am häufig-
urch FERGUSON[2] beschriebene; eleganter und besser
uche aber ist die von DESAGULIERS[3] angegebene mit
sserungen, welche NAIRNE hinzugefügt hat. Sie ist Fig. 35.
ichnung leicht zu erkennen, und mit zwei dazu ge-
pparaten dargestellt.

he, die man mit der Centrifugalmaschine anzustellen pflegt.

an schraubt auf die Mitte der Scheibe den Träger, Fig. 36.
ı dünnes, sehr glattes Metallstäbchen C D angebracht
lieses Stäbchen schiebt man Kugeln, die durch den
t durchbohrt, und deren zwei vermittelst eines
ler einer metallenen Röhre verbunden sind. Das
elbst ist von dem Puncte aus, welcher dem Centrum
e entspricht, getheilt, so dafs man die Kugeln auf
Entfernungen vom Mittelpuncte stellen kann.

Wählt man nun zuerst zwei gleiche Kugeln und stellt
eiche Entfernungen vom Mittelpuncte, und an entge-
Seiten desselben, so schiebt sich die entferntere,
Drehung nur stark genug ist, damit die Schwung-
eibung überwinden könne, so weit als möglich vom
te weg, und zieht die andere Kugel, wenn sie jenseits
unctes steht, mit sich. — Die Schwungkraft der ent-
Kugel ist also gröfser die der nähern, wenn ihre Massen
. Dies folgt aus der Formel[4] $p = \frac{2\pi^2 r}{g T^2}$, weil die

—

gl. HUTTON Dict. II. 602.
ures on Mechanics lect. 2.
rs de Phys. I. 330.
entralbewegung Nr. 7.

Umlaufszeit hier für beide gleich ist. Wären beide Kugeln an derselben Seite des Mittelpunctes, so würden beide ein gleiches Bestreben haben, sich nach eben der Seite hin so weit als möglich zu entfernen und müfsten also bei jeder Bewegung ruhen.

4. Wählt man zwei ungleiche Kugeln, deren Gewichte sich wie m zu n verhalten, und stellt sie einander so gegenüber an verschiedenen Seiten des Mittelpunctes, dafs sich die Entfernungen umgekehrt wie die Gewichte verhalten, so bleiben sie bei der Drehung unverändert in ihrer Stellung. Die bewegenden Kräfte sind nämlich, wenn der Abstand der ersten = n a, der zweite = m a ist, gleich für diese Massen, weil die beschleunigende Kraft = $\frac{2\pi^2 \, n \, a}{g \, T^2}$ auf die Masse m wirkend, eben den Druck hervorbringt, wie die beschleunigende Kraft = $\frac{2\pi^2 \, m \, a}{g \, T^2}$, wenn sie auf die Masse n wirkt. Dieser Versuch läfst sich nicht gut ausführen, weil es schwer ist, das Maafs der Entfernungen so strenge, als es erforderlich wäre, zu nehmen, zumal da eine auch nur geringe Dehnung des Fadens das Verhältnifs der Entfernungen leicht ein wenig ändert. Man kann statt dessen lieber es so einrichten, das die Entfernung der Kugel, deren Masse m ist, etwas weniges zu grofs sey; dann entfernt sie sich vom Mittelpuncte und zieht die andre mit fort; und wenn man dagegen in einem zweiten Versuche die Entfernung der andern Kugel mit Fleifs ein wenig zu grofs nimmt, so zieht diese jene mit fort, so dafs leicht erhellt, das Gleichgewicht werde eintreten, wenn man die Entfernungen ganz genau jener Regel gemäfs genommen hätte.

5. In der geneigten Röhre a D befinden sich Wasser und Quecksilber. So lange die Schwungscheibe ruht, ist das Quecksilber unten, das Wasser oben; aber sobald die Scheibe in schnelle Bewegung gesetzt wird, drängt sich das Quecksilber nach oben. Dies erklärt sich leicht aus den Gesetzen der Schwungkraft; denn wenn man die an das Wasser grenzende Quecksilberschicht und die benachbarte Wasserschicht, die ich beide als von gleichem Volumen ansehen will, betrachtet, so wirkt auf beide sehr nahe dieselbe beschleunigende Kraft, aber das vierzehnmal so dichte Quecksilber übt, wegen seiner

so grofsen Masse, bei gleich einwirkender Beschleuni-
ıen 14 mal so grofsen Druck aus, und treibt das Wasser
Stelle. Da dies überall, wo Wasser und Quecksilber
schwungenen Röhre an einander grenzen, ebenso der
so drängt sich alles Quecksilber nach dem entfernte-
ile der Röhre hin, und thut dies selbst dann, wenn
ır Neigung der Röhren gegen den Horizont die Schwere
den werden mufs.

h auf folgende Weise läfst sich diese Wirkung der
kraft anschaulich machen. Man nimmt eine Glaskugel Fig. 37.
3 Z. im Durchmesser haltend, mit einem Stiele a a
ıen in Messing, und schraubt ihn vermittelst dieser
so auf die Schwungscheibe, dafs die lothrechte Linie
Centrum der Kugel und die Axe des Stiels geht, füllt
his zur Hälfte mit denjenigen Flüssigkeiten, welche
ntenglas enthält,[1] so dafs diese in Ruhe die Schichten
$\gamma\gamma$, $\delta\delta$ bilden, und verstopft die obere Oeffnung,
chliefst sie hermetisch. Giebt man hernach dem Ap-
ıe schnelle drehende Bewegung um seine Axe vermit-
Schwungmaschine, so legen sich die verschieden spe-
hweren Flüssigkeiten in concentrische Lagen, das
Quecksilber nach aufsen, und die leichteste Luft
n innersten Raum ein.

lan kann bei dieser Schwungmaschine eine Einrichtung
ı, um die Gröfse der Schwungkraft geradezu abzu-
Zu diesem Zwecke wird in der Mitte des bisher be-
Trägers eine aufrechtstehende Säule errichtet, wor-
ıen eine Rolle befindet. Eine auf dem Stäbchen C D Fig. 35.
Kugel oder eine sonstige Masse von bekanntem Ge-
an einem Faden befestiget, der über die Rolle gehend
Ende ein Gewicht trägt. Stellt man die Kugel so
Faden erlaubt, vom Mittelpuncte entfernt, während
ıt noch unten aufliegt, und setzt die Scheibe in eine
l schnelle Bewegung, so entfernt sich die Kugel noch
Mittelpuncte und hebt das Gewicht. Will man die
aft nicht, wie es bei der eben beschriebenen Ein-

[1] lementenglas.

richtung der Fall wäre, einen Zug in schiefer Richtung ausüben lassen, so bringt man bei A eine Rolle und senkrecht über A in der Höhe die zweite Rolle B an, damit der Faden von E nach A horizontal und dann senkrecht hinauf läuft und über die obere Rolle fortgeht. Die Sperrung auf der gezahnten Stange dient zum bequemen Feststellen der Kugel. Wenn die Maschine so eingerichtet ist, dafs man die Schnelligkeit der Umdrehungen ziemlich genau bestimmen kann, so liefse sich hieran ein förmliches Experiment zur Abmessung der Schwungkraft knüpfen. Das Gewicht der Kugel sey = ½ Pfund, das zu hebende Gewicht = 1 Pfund, und die Kugel steht 1 Fufs vom Mittelpuncte, so müfste die Geschwindigkeit fast = 8 Fufs in der Secunde seyn, damit $\frac{c^2}{2gr} = \frac{64}{30.1}$ reichlich = 2 würde, um das doppelt so schwere Gewicht zu heben, und auch noch die Reibung zu überwinden. Das Experiment würde genau die hier nur ungefähr berechnete Geschwindigkeit angeben.

7. Wenn man an einer senkrechten glatten Axe vier bis sechs sehr dünne, elastische, kreisförmige Reifen unten befestiget, oben aber die Axe A B frei durch sie hindurchgehen läfst und ihnen hierdurch erlaubt, eine elliptische Gestalt, mit verkürztem Verticaldurchmesser anzunehmen, so wird, sobald man sie vermittelst der Axe auf die Schwungscheibe schraubt, und mit ihr die elastischen kreisförmigen Reifen in Drehung setzt, die Schwungkraft den von der Axe entfernten Theilen ein Bestreben geben, sich mehr von der Axe zu entfernen, und dadurch werden die Reifen abgeplattet, elliptisch, so dafs die verticale Axe die kürzere ist. Bei schneller Drehung hat es dann den Anschein, als ob man einen sphäroitischen Körper vor sich hätte. Dieses Experiment pflegt man als die Ursache der sphäroidischen Gestalt der Erde erläuternd anzuführen; und obgleich es hier die Elasticität der kreisförmigen Reifen, bei der Erde die Schwere ist, welche ursprünglich die Kreisform im einen, die Kugelform im andern zu erhalten strebt, so ist es wenigstens doch in beiden die Schwungkraft, welche die Aenderung bewirkt[1].

Fig. 31.

8. Langsdorfs Schwungmaschine gehört endlich auch noch

1 Mehr Experimente lehrt Ferguson, lectures on several Subjects. pag. 18.

. Eine verticale Röhre A B, die sich oben in zwei ho- e ein wenig gebogene Arme B C, B D endiget, ist bei A Fig. 39. Wasserfläche E F eingetaucht. Bei G ist sie mit einem umgeben, der vermittelst des Rades H in schnelle Dre- wegung gesetzt werden kann. Um die Maschine in Thätig- itzen, wird die ganze Röhre, die bei A mit einem sich ober nden Ventil versehen ist, von oben mit Wasser gefüllt, n das Rad H gedrehet und so auch die Röhre C B A D in Schwungbewegung gesetzt. Dieser Schwung ertheilt und D liegenden Wassertheilchen ein Bestreben, sich lpuncte B zu entfernen, und das Wasser fliefst daher , weil aber der Druck der Atmosphäre auf E F nicht , dafs irgendwo in der Röhre ein leerer Raum entstehe, gesammte Wasser in B C sich nach C, das gesammte i B D sich nach D drängt, so tritt immer neues Wasser lie Röhre, so dafs vermöge dieses Saugens bei A und nges in C D, fortwährend Wasser gehoben und bei sgegossen wird. — — Man kann also mit dieser Ma- wie mit einer Saugepumpe das Wasser heben und aus e unter E F fortschaffen. Langsdorf nennt sie daher *hwungmaschine.* *B.*

Centrifugalpendel.

m centrifugum. Das Centrifugalpendel, welches zuerst wirklich ausgeführt zu haben scheint[a], besteht Kugel, die an einer Stange befestiget, statt der gewöhn- delschwingungen eine Kreisbewegung macht. Stellt nämlich die Pendelstange in einiger Entfernung von ren Puncte so frei aufgehängt vor, dafs sie sich nach ungen bewegen kann, so wird sie, wenn man der hobenen Kugel eine Geschwindigkeit ertheilt, deren icht in der durch die Pendelstange gelegten Vertical- eine Kreisbewegung annehmen, und die ganze Stange Kegelfläche beschreiben.

—

sdorfs Lehrbuch der Hydraulik. S. 352.
XVI. 494.

Die Gesetze dieser Bewegung kannte schon HUYGEN[1] PFAFFIUS hat dieses Pendel angewandt, um eine Uhr zu treib Das obere, jenseit des Aufhängepunctes liegende Ende d Stange greift nämlich in einen Einschnitt einer Kurbel ein, u diese dreht, indem sie mit dem kreisenden Pendel fortgefül wird, ein Getriebe, durch welches das Uhrwerk in Bewegu gesetzt wird. — Er hat es späterhin auch zu Tertien-Uhr angewandt.

Um die kreisförmige Bewegung zu erhalten, hat Pfaffi es so eingerichtet, dafs das Lager, worauf die Schneide, d dem Pendel zum Ruhepuncte dient, aufliegt, wieder auf ei Schneide schwingt, und beide Schneiden einen rechten Wink mit einander machen. *B.*

Centripetalkraft.

Vis centripeta; force centripète; *centripetalforc* Die Kraft, die einen bewegten Körper gegen den Mittelpun der Kräfte hin anzieht. Wenn ihre Richtung mit der Richtu der Bewegung des Körpers übereinstimmt, so hat dieser bl eine geradlinige Bewegung, und zwar eine beschleunigte B wegung, wenn er auf den Mittelpunct zu gehet, eine verzöge Bewegung, wenn er sich geradezu vom Mittelpuncte der anz henden Kräfte entfernt. Ist die Richtung der Bewegung gen senkrecht gegen die Richtung der Kraft, so bringt die Kr weder eine Beschleunigung noch eine Verzögerung der Bew gung hervor, sondern bewirkt blofs eine Krümmung der Bah Ist die Richtung der Kraft unter einem schiefen Winkel geg die Richtung der Bewegung geneigt, so zerlegt man am best die Kraft in eine Normalkraft, senkrecht auf die Richtung d Bewegung, und in eine Tangentialkraft, übereinstimmend m der Richtung der Bewegung: jene wirkt blofs auf die Krümmu der Bahn, diese beschleunigt die Bewegung, wenn sie mit d Richtung der Bewegung zusammenfällt, oder verzögert s wenn sie der Richtung der Bewegung entgegen gesetzt ist[2]. *B.*

---

1 Hugenii opera posthuma. Tom. II. p. 126. Auch gehören BE NOULLI's Untersuchungen über die pendula turbinantia hieher. Opera J hannis Bernoulli Tom. II. Nr. 97.

2 Vergl. *Centralbewegung*.

Ceres.

ines Planeten, der seine Bahn zwischen Mars und Jupi-
Das Zeichen dieses Planeten ist ⚳.

Geschichte der Entdeckung.

der Entdeckung des Uranus war von mehreren Astro-
er Gedanke geäufsert worden, dafs es nicht unmöglich
noch andre Planeten zu entdecken. Die schon früher
BERT obenhin angedeutete und von BODE bestimmter
rte Bemerkung, dafs der Zwischenraum zwischen dem
l Jupiter zu grofs erscheine, und dafs das bei den
Planeten nahe richtige Gesetz, dafs die Entfernung
Sonne

den Mercurius = 4;
Venus = 4 + 3;
Erde = 4 + 2. 3;
Mars = 4 + 4. 3;
x = 4 + 8. 3;
Jupiter = 4 + 16. 3;
Saturn = 4 + 32. 3

r eine Lücke zeige, leitete die Vermuthung darauf, es
r noch ein unentdeckter Planet seine Bahn haben, um
als man auch die Entfernung des Uranus dem Gesetze
nd. Das Bemühen einiger Astronomen, durch genaue
s Bestimmung der Lage selbst der kleineren Sterne,
cliptik ziemlich nahe stehen, einen unter ihnen wan-
aneten durch seine Ortsveränderung zu erkennen, war
h nicht vollkommen genug durchgeführt worden, um
gewähren, als im April 1801 bekannt wurde, PIAZ-
ien Kometen ohne Nebel entdeckt, der seine rückläu-
;ung mit einer rechtläufigen vertauscht habe, als er
56 Grade von der Opposition entfernt war. Da nun
etwa in 44 Grad Abstand von der Opposition, Ju-
4 Grad Abstand von der Opposition stillstehend wird,
dies auf jenen vermutheten Planeten passen, und
ten Astronomen BODE und VON ZACH hatten sich ein-
en Gedanken mitgetheilt, als man erfuhr, auch PI-

azzi selbst und Oriani wären geneigt, diesen Himmelskörp
für einen Planeten zwischen Mars und Jupiter anzusehen.[1]

Piazzi hatte diesen Stern am 1. Januar 1801 entdeckt, s
gleich am nächsten Abend seine Bewegung wahrgenommen u
ihn nun fortwährend bis zum 11. Febr. beobachtet;[2] war ab
dann durch eine Krankheit an fdrneren Beobachtungen gehi
dert. Der Bogen, den der Planet unterdefs durchlaufen hatt
schien zu klein, um eine genaue Bahn zu berechnen; mehre
Astronomen berechneten indefs aufser der Kreisbahn, die d
Beobachtungen ziemlich nahe Genüge that, auch noch Parab
Burkhardt berechnete eine Ellipse, die indefs für nicht se
sicher gehalten werden konnte, da man eine Ellipse nur mit Hül
irgend einer willkürlichen Hypothese, dafs der Planet der So
nennähe oder der Sonnenferne nahe gewesen sey u. dgl. glaub
erhalten zu können und die so bestimmte Ellipse fehlerhaft
ausfallen könnte, als die Kreisbahn. Höchst wichtig war
daher, dafs Gauss eine Methode entdeckte, um die elliptisc
Bahn ohne alle Hypothese über die Stellung des Planeten in d
Bahn zur Zeit der Beobachtung zu bestimmen. Piazzi's m
vollständig bekannt gewordene Beobachtungen schien
Gauss so genau, dafs sie eine sorgfältige Berechnung nach di
ser neuen Methode der Bahnbestimmung verdienten, und
machte die hiernach bestimmte Ellipse bekannt. Diese führ
zu einer neuen Vorausberechnung des Ortes, wo man d
Planeten bei seiner Wiedererscheinung zu Ende des Jahres suche
müsse, und diese Vorausberechnung gab den Ort um 6 bis
Grade von demjenigen verschieden an, den man bisher na
der Kreisbahn und der Burkhardtschen Ellipse vermuthet hatt
Uebrigens stimmte diese Gaussische Ellipse mit den Beobach
tungen Piazzi's ganz vollkommen überein, was bei allen frü
hern Bahnbestimmungen nicht in gleichem Grade der Fall war

Die Astronomen richteten nun ihre Beobachtungen a
den Ort am Himmel, wo der Planet nach Gauss stehen soll
und nun glückte es zwar von Zach zuerst, ihn wieder zu

---

1 v. Zachs mon. Corr. III. 602. 605. 607.
2 Mon. Corr. IV. 559.
3 Mon. Corr. IV. 639.

LBERS aber entdeckte ihn mit völliger Bestimmtheit, ehe CH so glücklich war, seine Beobachtung völlig zu be-. Von ZACH nämlich hatte in der Nacht vom 7. zum 8. wei unbekannte Sterne beobachtet und aufgezeichnet, iner der scheinbaren Bahn des Planeten sehr nahe nach anhaltend trübem Wetter war es erst in der Nacht , Dec. zum 1. Jan. möglich zu entscheiden, dafs dieser i seinem damaligen Orte nicht mehr stand, also der ewesen sey. [a] In eben dieser Nacht beobachtete VON ieder mehrere Sterne in der Gegend, wo jetzt der Plan sollte, und am 11. Jan. fand sich einer derselben nicht mehr an seiner Stelle; VON ZACH hatte also den gesehen. Aber unterdefs hatte am 1. Januar 1802 ie in der Gegend des Planeten stehenden Sterne beobnd in ein Chärtchen eingetragen, am 2. Jan. sah er, r derselben seinen Ort verändert hatte, und erkannte laneten in zwei verschiedenen Stellungen, als allein kt unter den umgebenden Fixsternen; am 6. Jan. früh len Planeten genau so fortgerückt, wie es die Theorie [3] Und so war denn durch PIAZZI's höchst genaue ungen und GAUSS's treffliche Berechnungsmethode die ffindung eines Planeten möglich geworden, der l der Piazzischen Beobachtungen heliocentrisch nur urchlaufen hatte; der Planet war nun unverlierbar den en bekannt.

ZI selbst hatte den Wunsch geäufsert, dafs man den CERES FERDINANDEA (dem König FERDINAND von Neapel-Sicilien zu Ehren) nennen möchte; aber nur der Name hat sich bei den Astronomen erhalten.

Elemente der Bahn.

räre jetzt unnütz, die früheren Bemühungen für die ng dieser Elemente anzuführen. Selbst die ersten von GAUSS, so sehr genügend zur Auffindung des

---

C. V. 90.
C. V. 172.
C. V. 174.

Planeten sie waren, bedurften doch noch sehr der Verbesrung; und selbst als mehrjährige Beobachtungen genauere Bestimungen gegeben hatten, war es, wegen der starken Störunwelche die Ceres leidet, doch nur möglich, die von diesen Srungen noch afficirte Bahn eine den beobachteten Orten mögliangeschlossene Ellipse anzugeben. Jetzt, nachdem die witigsten Störungen in die Rechnung eingeführt sind, und sehr bedeutende Reihe von Beobachtungen nun schon mehr Umläufe umfaſst, sind die folgenden Elemente als der wah elliptischen Bahn, wenigstens weit mehr genähert anzusehen

Halbe groſse Axe	=	2, 767245.
Excentricität im J. 1806	=	0, 0785028.
Jährliche Abnahme ders.	=	0, 00000583.
Umlaufszeit	=	1681, 4 Tage.
Mittlere tägliche trop. Bewegung	=	770,″ 923.
Neigung der Bahn. 1806	=	10° 37′ 31,″
Jährliche Abnahme ders.	=	0,″ 44.
Länge des aufsteigenden Knotens im J. 1806.	=	80° 53′ 41″,
Jährliche Bewegung des Knotens	=	+ 1″, 48
Länge des Perihelii im Jahre 1809	=	146° 36′ 6,″
Jährliche Bewegung desselben	=	2′ 1,″8.
Mittlere Länge am 1. Jan. 1809 Mittag in Göttingen	=	343° 2″, 33.
Gröſste Mittelpunctsgleichung	=	9° 0′ 7″, 68.

Grösse der Ceres und Beobachtungen über ihre natürliche Beschaffenheit.

Die[1] *Ceres* ist sehr klein, aber die Angaben für ihre Grweichen sehr von einander ab. Sie erschien bei ihrer deckung als ein Stern neunter Gröſse; ihre Farbe ist etwas lich; mit starken Fernröhren beobachtet erscheint sie mibel umgeben, und daher ihre Scheibe nicht gut begrenzt.

Die Messung ihrer Gröſse stellte Schröter auf die so hä von ihm angewandte Weise an, daſs nämlich ein mit bloſs Auge gesehenes Scheibchen in diejenige Entfernung gestellt wa wo es eben so groſs erschien als die unter bestimmter Verg

1 Ich entlehne sie aus Schubert traité d' astronomie théori Petersb. 1822. Tome II. p. 281. und v. Lindenau's Zeitschrift für Astronomie. I. 15.

ßerung mit dem andern Auge beobachtetete Ceres im Fernrohr. Nur selten gelang es, das aus dem umgebenden Nebel deutlich als fester Körper hervorblickende Scheibchen zu messen, und Schröter leitet aus diesen Messungen den auf den Abstand der Erde von der Sonne reducirten scheinbaren Durchmesser = 3,48 Secunden, den wahren Durchmesser = 352 geogr. Meilen her. In den meisten Fällen war es nicht möglich, diesen eigentlichen Kern oder anscheinend festen Körper zu unterscheiden, sondern es wurde nur die nebliche Umhüllung gemessen, die sonderbar ungleich und zuweilen so groſs erschien, daſs ihr Durchmesser 650 Meilen betragen muſste.[1]

Sehr hievon abweichend sind Herschels Bestimmungen, der den Durchmesser nur 0, 351 Sec. oder den wahren Durchmesser 35 geogr. Meilen angiebt; die umgebende Atmosphäre möge, glaubt er, eine viermal oder fünfmal so groſsen Durchmesser haben.[2] Auch Herschel hatte sich zur Abmessung einer kleinen erleuchteten Scheibe bedient, die er mit bloſsem Auge betrachtete und mit dem im Fernrohre gesehenen Bilde des Planeten verglich; aber Schröter glaubt, Herschel habe die Scheibe weiter als es bei solchen Messungen zulässig sey, vom Auge entfernt, und das alsdann undeutlich werdende Bild einer sehr erhellten weiſsen Scheibe erscheine dem Auge gröſser, als sie nach der Berechnung des Sehewinkels erscheinen sollte. Dagegen hat Herschel durch spätere Versuche und Beobachtungen seine Bestimmungen zu rechtfertigen gesucht.[3] Er stellte kleine Metallkugeln, Silberdrahttropfen, Siegellackkügelchen u. s. w. in hinreichend gröſsere Entfernungen auf und betrachtete sie durch eben die Fernröhre, mit welchen er die Ceres beobachtete. Er fand hier, daſs er zum Beispiel Silberkügelchen von $\frac{1}{200}$ Zoll Durchmesser, so entfernt aufgestellt, daſs sie dem bloſsen Auge $\frac{1}{2}$ Sec. groſs erscheinen muſsten, mit 523maliger Vergröſserung noch so deutlich erkannte, daſs er ihre Viertel wahrnehmen konnte;

---

1 Schröters Lilienthalische Beob. d. Planeten Ceres, Pallas, Juno. (Göttingen 1805.)

2 Phil. Transact for 1802. p. 213.

3 Phil. Trans. for. 1804. Herschels experiments for ascertaining how far telescopes will enable us, to determine very small angles and to distinguish the spurious from the real Diameter etc.

und daran knüpft er den Schlufs, ein Planet, der bei 500 maliger Vergröfserung, ja selbst bei 800 maliger Vergröfserung noch nicht deutlich als Scheibe erscheine, könne noch nicht eine halbe Secunde im Durchmesser haben. Er macht daher die Bemerkung, dafs man bei geringern Vergröfserungen zuweilen schon den Planeten als Scheibe zu sehen glaube, aber da bei stärkern Vergröfserungen die Scheibe nicht im gehörigen Mafse immer deutlicher sichtbar werde, so dürfe man diesem durch Irradiation bewirktem Scheine nicht trauen. Dagegen führt SCHRÖTER Beobachtungen an, wo ihm die Scheibe der Ceres gröfser, wenn gleich nicht so gut begrenzt, als Uranus und der erste Jupitersond erschien, wonach denn jene ungefähr die von ihm angegebne Gröfse haben müsse.

Ungeachtet dieses Streites über die scheinbare Gröfse ist es gewifs, dafs die Ceres viel dunkler als Uranus erscheint; was zum Theil daher rührt, dafs ihr Licht matter und neblich ist. Nach SCHRÖTERS Messungen scheint der Durchmesser ihrer glänzenden Atmosphäre wirklichen Aenderungen unterworfen zu seyn, so dafs der Durchmesser dieser unbestimmten Nebelhülle zuweilen gröfser, zuweilen kleiner, als es nach der Entfernung seyn sollte, erscheint; der Planetenkern scheint zuweilen deutlicher, zuweilen minder deutlich durch diese Umhüllung hervorzublicken, u. s. w.

In Rücksicht auf die natürliche Beschaffenheit dieses Planeten verdient auch noch OLBERS Meinung, dafs vielleicht die vier Planeten Ceres, Pallas, Juno, Vesta Trümmer eines einzigen grofsen Planeten sind, angeführt zu werden. Die Umlaufszeiten der Ceres und Pallas sind beinahe ganz gleich,[1] und ihre Bahnen kommen im Knoten einander so nahe, dafs man wohl annehmen darf, die Bahnen mögen ehemals einen gemeinschaftlichen Durchschnittspunct gehabt haben, oder von dem Puncte, wo sie aus der Zertrümmerung der gröfsern Planeten entstanden, ausgegangen seyn. Da OLBERS's hierauf gegründete Vermuthung, dafs man wohl aufser der Ceres und Pallas noch

---

1 Wegen dieser Gleichheit der Umlaufszeit entfernen sie sich von der Sonne aus gesehen, nie weit von einander; und ihre gegenseitige Stellung giebt Bode für den ganzen Umlauf an. Astr. Jahrbuch 1807. S. 216.

mehrere Stücke jenes Planeten in Bahnen, die nicht sehr weit von den Bahnen jener entfernt wären, finden werde, sich durch die Entdeckung der Juno und Vesta als richtig gezeigt hat, so darf man dieses wohl als einigermafsen die Vermuthung über den Ursprung dieser Planeten bestätigend ansehen.

B.

Cerium.

Cererium, *Cerer*; Cerium; *Cerium*. Dieses Metall findet fich in einigen seltnen, besonders schwedischen Fossilien, wie im *Cerit*, *Allanit*, *Ytterocerit* u. s. w. Man kennt dasselbe noch nicht im reinen, sondern nur im eisenhaltigen Zustande. Es scheint in heftiger Hitze flüchtig zu seyn. Es bildet mit dem Sauerstoff ein Oxydul und ein Oxyd. Das *Ceriumoxydul* (46 Cerium auf 8 Sauerstoff) ist weifs, und bildet mit den Säuren farblose oder blafsrothe, süfs und herb schmeckende Salze, welche durch reine kohlensaure, phosphorsaure, arseniksaure, kleesaure, weinsaure, bernsteinsaure und benzoesaure Alkalien weifs gefället werden. Der Niederschlag, welchen kholensaures Kali hervorbringt, löst sich im Ueberschufs desselben wieder auf. Mit Kali und Schwefelsäure bildet das Ceriumoxydul ein schwer lösliches Doppelsalz. Das *Ceriumoxyd* (46 Cerium auf 12 Sauerstoff) bildet sich beim Glühen des Oxyduls an der Luft, ist zimmtbraun, und wenig, mit röthlichgelber Farbe, in Säuren löslich. *G.*

Chamaeleon.

Mineralisches Chamäleon; *Chamäleon mineralis*; Chaméleon minéral; *Mineral Chameleon*; von seinem Farbenwechsel nach der Aehnlichkeit mit dem Thiere gleiches Namens so genannt, ist eine Verbindung der Mangansäure mit Kali. Man erhält dasselbe durch Glühen von 1 Theil fein gepulverten Braunstein mit 3 Th. Salpeter oder 2 Th. Kalihydrat in einem Tiegel, bis eine Probe in Wasser mit grüner Farbe löslich ist. Die schwarzgrüne Masse läfst sich in gut verschlossenen Gefäfsen aufbewahren, und giebt in Wasser gelöset eine grün gefärbte Flüssigkeit, welche mehr oder minder schnell durch Blau, Violett und Purpur in Roth übergeht, indem dem ursprünglich basischen man-

gansauren Kali, welches grün ist, durch Wasser und Kohlensäure der Ueberschufs des Kali entzogen und somit das neutrale rothe Salz gebildet wird. Man kann daher durch Zusatz von kaustischem Kali die grüne, durch eine Säure aber die rothe Farbe herstellen, und durch mehr oder minderen Zusatz des einen oder andern die verschiedenen Farben hervorbringen. Kommt die rothe Flüssigkeit mit einem organischen Körper, wie etwa Staub und Korkstöpsel, in Berührung, so entfärbt sie sich völlig, indem die Mangansäure einen Theil ihres Sauerstoffs an dieselbe abtritt, und als braunes Oxyd niederfällt. *G.*

Chemie.

Chymie, Mischkunde, Scheidekunst; *Chemia*, *Chymia*; Chimie, Chymie; *Chimistry*, *Chymistry*.[1] Dieser Theil der Naturwissenschaft beschäftigt sich mit allen den Veränderungen der Materien, welche als eine Wirkung der chemischen Verwandtschaft zu betrachten sind (s. *Verwandtschaft*). Diese Veränderungen bestehen in der Verbindung ungleichartiger Materien zu gleichartigen Ganzen, womit häufig zugleich die Zertrennung gleichartiger Ganzen in ungleichartige Theile verbunden ist. Man unterscheidet eine *reine*, *theoretische* oder *philosophische* und eine *angewandte Chemie*. Erstere ist die Lehre von den chemischen Verhältnissen der Materien, an und für sich; unter letzterer versteht man Bruchstücke derselben Lehre, blofs in der Beziehung betrachtet, als sie andern Zwecken aufserhalb der Wissenschaft dienen. Solche Zwecke sind: 1. Erklärung der in andern Theilen der Naturwissenschaft vorkommenden chemischen Verhältnisse, woraus die *physische*, *mineralogische*, *physiologische* und *ökonomische Chemie* entspringt. 2. Anweisung zur Bereitung von Arzneimitteln (*pharmaceutische Chemie*) und von andern Gegenständen des gemei-

---

1 *Χημία* oder *Χημεία*, von *Χυμὸς*, Saft; oder von *Χέω*, *Χεύω*, ich schmelze, oder von *Χήμη*, eine Art Muschel; oder von Cham dem Sohne Noahs, der die Naturkenntnifs nach Aegypten gebracht haben soll und von *Χημία*, worunter in der Priestersprache Aegypten selbst verstanden wurde?

ms, (*technische Chemie*), sofern diese Bereitung nischen Grundsätzen beruht. — Aufserdem versteht ter *praktischer Chemie* die Anweisung, nach welpeln und mittelst welcher mechanischen Mittel die che-Veränderungen der Körper im Kleinen zu bewerkstelind, und hiervon macht die *analytische Chemie*, die Trennuug zusammengesetzter Körper in ihre Beile beabsichtigt, einen wichtigen Theil aus. *G.*

Chlor.

ine, dephlogistisirte Salzsäure, oxyte Salzsäure; *Chlorum*, *acidum salis deticatum*, *acidum muriaticum oxygenatum*; , acide muritique oxigéné; *chlorine*, *oxy-muecid.* (Von χλωρός, grünlich gelb). Eine Substanz, en ihrem Entdecker, Scheele, für Salzsäure angesehen der Phlogiston entzogen sey, dann von Berthollet Verbindung der Salzsäure mit Sauerstoff; dann von lac und Thenard und von Davy als eine einfache Subrachtet wurde, welche letztere Ansicht, als die einjetzt fast allgemein angenommen ist. Man erhält das eim Erhitzen von Braunstein mit Salzsäure, oder mit und Schwefelsäure, als ein blafsgelbes Gas, dessen wicht sich zu dem der Luft ungefähr verhält, wie ,000. Dasselbe unterhält das Verbrennen einer Wachs-: duncklem Lichte und Erzeugung von viel Rufs, riecht stickend, wirkt sehr nachtheilig auf die Athmungse, zerstört viele organische Farbestoffe, so wie auch ckungstoffe[1]. Durch einen mehr als 4 Atmosphären en Druck geht das Chlorgas bei 15° C. in eine grün-Flüssigkeit von 1,33 spec. Gewicht über, welche eine ingere lichtbrechende Kraft hat, als das Wasser, nicht 5° C. gefriert, und sich bei Aufhebung des äufsern lötzlich, unter bedeutender Erkältung, wieder in Gas lt.

Chlor bildet mit wenig Wasser bei einigen Graden . ein gelbes krystallinisch blättriges Hydrat, welches er Wärme viel Chlorgas entwickelt, wobei eine flüs-

---

[1] rgl. *Atmosphäre*, I, 478.

sige, blafsgelbe Verbindung von viel Wasser mit wenig (
das wässrige Chlor, übrig bleibt.

Das Chlor geht mit dem *Sauerstoff* 4 Verbindungen

Das *Chloroxydul* oder die *Euchlorine* (36 Chlo
8 Sauerstoff) und das *Chloroxyd* (36 Chlor auf 24 Sauer
zwei Gase, dunklergelb als das Chlorgas, welche bei ge
Temperaturerhöhung unter lebhafter Verpuffung und Lich
wickelung in ihre zweigasförmigen Bestandtheile zerfallen,
sauer sind, und etwas reichlicher, als das Chlorgas vom W
absorbirt werden.

Die *Chlorsäure*, *hyperoxygenirte Salzsäure*
Chlor und 40 Sauerstoff), noch nicht im reinen Zus
bekannt, bildet mit Wasser eine farblose, sauer schmeck
verdampfbare Flüssigkeit, und mit den Salzbasen die *c*
sauern Salze, welche in der Hitze gröfstentheils in S
stoffgas und Chlormetall, oder in Sauerstoffgas, Chlorgas
Metalloxyd zerfallen, welche mit brennbaren Körpern d
die Hitze und oft schon durch den Schlag verpuffen (sofern
Sauerstoff der Chlorsäure und oft zugleich des Metalloxyds
mit den brennbaren Körpern unter Feuerentwickelung ve
det), welche mit Vitriolöl Chloroxydgas entwickeln (wäh
sich zugleich oxydirte Chlorsäure erzeugt), welche die Si
salze nicht niederschlagen und nicht zerstörend auf Pflan
farben wirken.

Die *oxydirte Chlorsäure* (36 Chlor auf 56 Sauer
ist ebenfalls nur in Verbindung mit Wasser oder Salzbasen
kannt, und zeigt dann ähnliche Verhältnisse, wie die Ch
säure, so weit dieses bis jetzt erforscht ist. Jedoch ent
keln die oxydirt chlorsauren Salze mit Vitriolöl kein Chloro
gas, sondern lassen bei stärkerem Erhitzen des Gemisches
oxydirte Chlorsäure unzersetzt übergehen.

Mit dem *Wasserstoff* bildet das Chlor die *Salzsä*
Hydrochlorsäure (36 Chlor auf 1 Wasserstoff). Die V
bindung der zu gleichen Massen zusammengebrachten Gase
folgt nur bei Einwirkung des Lichts, einer höheren Temp
tur, oder eines elektrischen Funkens, und ist, wenn sie au
blicklich erfolgt, von Feuererscheinung und Verpuffung
gleitet. Die reine Salzsäure, welche man durch Erhitzen
Kochsalz mit Schwefelsäure zu bereiten pflegt, erscheint

loses Gas von ungefähr 1,254 spec. Gewicht, riecht er-
l sauer, und erregt an der Luft Nebel. Durch einen
welcher ungefähr 40 Atmosphären gleicht, wird dieses
;10° C. zu einer farblosen tropfbaren Flüfsigkeit ver-
. Es wird schnell, reichlich und unter Erhitzung vom
verschluckt, mit dem es die wässerige Salzsäure bildet,
m reinen Zustande ebenfalls farblos, meistens aber etwas
ist, im concentrirten Zustande an der Luft raucht, und
ichstes spec. Gewicht 1,211 beträgt. Mit vielen Salz-
zeugt die Salzsäure die *salzsauren Salze*; mit an-
etzt sie sich dagegen schon in der Kälte in Wasser
rmetall, worin auch die meisten übrigen salzsauren
rde bei der Verflüchtigung des Wassers durch Erhiz-
r Entziehung mittelst Vitriols u. s. w. übergehen. Au-
werden die salzsauren Metalloxyde dadurch erkannt,
äufig mit Schwefelsäure salzsaures Gas, mit Schwe-
nd Braunstein Chlorgas entwickeln, und dafs sie gleich
n Salzsäure das salpetersaure Silberoxyd und Queck-
dul selbst bei grofser Verdünnung und Ueberschufs der
ure reichlich niederschlagen.

Chlor ist mehr oder weniger leicht, zum Theil unter
ickelung, mit Kohlenstoff, Boron, Phosphor, Schwe-
, Jod und Stickstoff verbindbar. Diese Verbindungen
ls gasförmig, theils tropfbar flüssig, theils fest und
sch, jedoch immer leicht verdampfbar. Mehrere der-
rsetzen sich mit Wasser auf die Art, dafs das Chlor
fnehmen von Wasserstoff aus derselben in Salzsäure
lt wird, während sich der Sauerstoff des Wassers mit
rn Körper vereinigt. Auch mit den meisten Metallen
indbar, und mit vielen derselben theils bei gewöhn-
ils bei höherer Temperatur unter Feuerentwickelung.
n viele salzsaure Metalloxyde durch Wasser in Chlor-
er. Die *Chlormetalle* sind theils tropfbar flüssig,
, und im Ganzen schmelzbarer und flüchtiger als das
elches sie enthalten. Aus den meisten derselben läfst
Erhitzen das Chlorgas nicht austreiben; diese er-
n auch keine Zersetzungen beim Glühen mit reiner
r mit trockner Borax- oder Phosphorsäure; dagegen
Zersetzung, wenn noch Wasser hinzutritt, weil durch

dessen Bestandtheile einerseits Salzsäure entstehen kann, che sich entwickelt; andrerseits Kohlensäure oder Metallk welches letztere mit der Borax- oder Phosphorsäure in Ve dung tritt. Die meisten Chlormetalle sind im Wasser löslich diese Lösung ist entweder als eine solche, oder als Auflösung salzsauren Metalloxyd in Wasser zu betrachten, und kömmt mit der Verbindung überein, welche man durch Zusam bringen wässriger Salzsäure mit Metalloxyd erhält.

Die Verhältnisse des Chlors sind hier nach der *chlo schen* Ansicht gegeben worden. Nach der *antichloristis* besteht das Chlor oder die oxygenirte Salzsäure aus 8 S stoff und 28 einer (nicht in diesem Zustande bekannten hypothetischen) trocknen Salzsäure. Letztere besteht a *Muriatum* einem hypothetischen brennbarer Körper un 16 Sauerstoff; die oben angeführten Verbindungen des Chlo Sauerstoff sind demzufolge die höhern Oxydationsstufe Muriatums. Die Salzsäure, wie wir sie als salzsaures Gas nen, ist eine Verbindung von 28 hypothetisch trockener säure mit 9 Wasser, und bildet sich daher auch, wenn zu dem oxydirt salzsauren Gase Wasserstoffgas bringt, i sich letzteres mit dem Sauerstoff des erstern zu Wasser verbi welches dann mit der hypothetisch trockenen Salzsäure, in che die oxydirte Salzsäure durch das Abtreten von Sauerstoff wandelt ist, in Verbindung tritt. Eben so wird bei der Verbind des Phosphors oder eines Metalls in oxydirt salzsaurem Gase a nommen, dafs sich Phosphor oder Metall mit dessen Sauerstof Säure oder Metalloxyd vereinige, welche dann mit der hypot tisch trockenen Salzsäure zu demjenigen zusammentreten, nach der chloristischen Theorie als Chlorphosphor oder Chlor tall angesehen wird. Kurz alle bis jetzt bekannte Thatsachen la sich auch nach der antichloristischen Theorie erklären, und wohl sie weniger einfach ist, weniger die Analogie für sich hat (d Schwefel, Selen, Jod und Cyan zeigen dem Chlor ganz äh che Verhältnisse) und 2 Substanzen annimmt, die sich noch haben darstellen lassen, so läfst sie sich doch durch keine I fahrung widerlegen. *G.*

Chrom.

.ium; *Chromium*; Chrome; *Chromium.*
o ich färbe). Dieses Metall findet sich vorzüglich in
nstein und im rothen Bleispathe. Es ist stahlgrau,
:t, nicht magnetisch, höchst strengflüssig und hat
TER ein specifisches Gewicht von nur 5,900.
; zwei wichtigsten Verbindungen mit Sauerstoff,
enen vielleicht noch ein braunes Oxyd liegt, sind die des
;yduls und der *Chromsäure*. Das *Chromoxy-*
hrom auf 12 Sauerstoff) ist in der Kälte dunkelgrün,
ze braun. Es bildet mit Wasser ein bläulichgrünes
ıd mit Säuren die Cromoxydulsalze. Diese sind theils
s blau, und geben mit reinem und kohlensauerm Kali
:n Niederschlag, welcher sich in einem Ueberschuſs
iit grüner Farbe wieder auflöset.
'hromsäure (28 Chrom auf 24 Sauerstoff) erscheint,
in dem mit Schwefel- Salz und Salpetersäure verun-
ıstande, in welchem man sie bis jetzt erhalten hat,
ınkelbraunrothe krystallinische Materie, die Lack-
, in der Hitze Sauerstoffgas entwickelt und auch
ıische Körper, Hydrothionsäure u. s. w. zu Chro-
:ducirt wird. Sie löset sich leicht in Wasser, mit
Farbe. Mit den Salzbasen bildet sie die chromsauren
denen die meisten durch gelbe, wenige durch rothe
Farbe ausgezeichnet sind. *G.*

Chromaskop.

: Farbe und σκοπεῖν, schauen). Unter diesem Namen
ein Instrument angegeben[1], dessen Hauptzweck die
des Brechungverhältnisses für die verschiedenen
:en zu seyn scheint. Die Beschreibung, die mit
Weitläuftigkeit bei den einzelnen Theilen des Werk-
-eilt, und dem Leser dadurch das Auffassen des
ı sehr erschwert, muſs man an a. O. selbst nachle-

[1] XXVI. 127.

sen. Das Wesentliche scheint zu seyn, daſs man bei richtig Stellung des Prisma's, welches sich an einem Ende des Kaste befindet, die Breite der Farbenstreifen am andern Ende gen abmiſst, und daraus die Winkel und das Brechnungsverhäl niſs bestimmt.

Da indeſs dieses durch andere Methoden schon besser g leistet ist, so wird das Instrument wohl nicht in allgemein Gebrauch kommen. *B.*

Chronhyometer.

Von χρόνος die Zeit, ὑετός der Regen und μετρέω ich mes ist ein von Landriani erfundenes Werkzeug, welches bestim ist, die Zeit des Regnens zu messen[1], wovon man aber weg seiner Kostbarkeit, Unsicherheit und des zu erwartenden ger gen Nutzens keinen Gebrauch gemacht zu haben scheint. Se Einrichtung ist kürzlich folgende: A ist ein weites konisc Gefäſs, welches auſserhalb des Daches angebracht wird, Regen aufzufangen. Dieser wird sich in der Spitze samm und bei einer geringen Quantität wird der kleine Heber a laufen anfangen, der Rest aber durch die weite Röhre s a ablaufen, so daſs das Niveau unverändert bleibt, und w man dann die Zeit, in welcher der Heber eine gewisse Qua tät Wasser liefert, so kann man aus der Menge des in ein mit dem Heber verbundenen Gefäſses enthaltenen Wassers Zeit des Regnens berechnen. Hierdurch wird indeſs bloſs d Dauer des Regens angegeben nicht aber die Zeit des Anfange Um auch diese zu wissen, dient eine im Zimmer unter dem R genmesser angebrachte, durch ein Uhrwerk einmal täglich u ihre Axe gedrehete horizontale Scheibe, deren Oberfläc schwarz gefärbt und nach den Stunden getheilt seyn soll. U ber derselben ist der Hebelarm m n fein balancirt, und trägt a einen Ende den weiſsen Bleistift *a* nebst dem konischen Gefä v mit dem kleinen Heber l. Indem das Wasser dann aus d Regenmaſse durch den beschriebenen Heber in dieses Gefäſs läuft, erhält der Hebelarm das Uebergewicht, drückt den Bl stift gegen die Scheibe, und zeichnet die Stunden des Regne

Fig. 40.

Fig. 41.

[1] J. de Ph. XXII. 280.

'erstopfen der kleinen Heber zu verhüten, soll ihr län-
enkel trompetenförmig erweitert seyn; allein man be-
ht, wie unsicher eine solche feine und zusammenge-
chine für den bestimmten Gebrauch sey. *M.*

Chronologie.

ogia; Chronologie; *Chronology*; von χρόνος
λόγος ist die Wissenschaft, welche sich mit der Ab-
er Zeit oder der Vergleichung der zu ihrer Abmessung
Zeit - Eintheilungen beschäftiget. Ihr mathemati-
l mufs also die wahre Gröfse der Tage, Jahre u. s. w.
lie man entweder wirklich zur Zeitmessung anwen-
die (wie es mit dem ganz genauen Sonnenjahre in
ng gegen das bürgerliche Jahr der Fall ist) wenig-
irklich angewandten zur Richtschnur dienen; ihr an-
Theil zeigt, wie diese Zeit - Eintheilungen bei den
en Völkern wirklich gebraucht sind; wie man die
g der verschiedenen Zeitrechnungen auf einander zu-
, die an gewisse Erscheinungen geknüpften Bestim-
n merkwürdigen Tagen, Festen u. dergl. erhalten
w.

ı *mathematischen* Theil gehören daher vorzüglich
stronomischen Lehren, welche die Zeiträume, da
nd der Mond zu gleichen Stellungen zurückkehren,
dem diese allen Zeit-Eintheilungen zum Grunde lie-
ngewandte Chronologie setzt eine historisch genaue
essen voraus, was theils als Regulirung der Jahre bei
n Völkern angenommen war, theils ihren Kalender,
ng der Monate, der Feste u. s. w. betraf, oder diese
bei uns regulirt.

len Alten haben sich viele Astronomen mit der Chro-
häftigt; ihr Bestreben ging vorzüglich darauf hin,
essen Dauer noch nicht genau bekannt war, zu be-
nd die Jahrrechnung, die Anordnung des bürgerli-
so festzusetzen, dafs dabei so weit es möglich schien,
stimmung mit der Wiederkehr der Jahreszeiten er-
e. Von den darauf gerichteten Bemühungen so wie
lichen Bemühungen in neuern Zeiten wird in den

Artikeln *Jahr* und *Kalender* die Rede seyn. In Rücks auf die *historische* Chronologie hat sich Ptolemaeus durch Anknüpfung derselben an sichere astronomische Beobachtun ein Verdienst erworben, welches in Beziehung auf uns we stens wichtig ist, da nur allein von ihm solche Vergleichun auf unsre Zeiten gekommen sind. In neuern Zeiten haben mit dem historischen Theile der Chronologie sehr viele Gele beschäftigt; es scheint mir aber hier gerade nicht der Ort, mehr der Geschichte als der Mathematik und Physik angehö den Verdienste umständlich zu erzählen. Ich führe daher noch ein, soweit mir zu urtheilen erlaubt ist, höchst gedi nes, gründliches und vollständiges Buch über diese Wissens an, nämlich: Idelers Handbuch der mathematischen und t nischen Chronologie, (Berlin 1825) wovon bis jetzt nur erste Theil erschienen ist. B.

Chronometer.

Zeitmesser, Zeithalter, Seeuhr, Läng uhr; Chronomètre, Garde-tems, Montre mari *Chronometer*, *Timekeeper*. Von χρόνος die Zeit und με ich messe. Eine tragbare *Uhr* von grofser Vollkommenl die zur Bestimmung der *geographischen Länge* gebrat wird. Bekanntlich ist diese letztere nichts anders, als der terschied zwischen der wahren Sonnenzeit an einem gegebe Orte und derjenigen in einer andern, welcher als Normal tion angenommen wird. Für diese gilt bei den englischen andern Seefahrern meistens die Sternwarte in *Greenwich* den französischen und bei den Astronomen des Continent *Pariser Sternwarte*. Hätte man nun eine Uhr von kommen richtigem, unveränderlichem Gange, die z. B *Greenwich* zur Zeit, als die Sonne daselbst durch den Me an ging, genau auf 12 Uhr 0 Min. 0 Sec. gestellt wo wäre, so würde diese auch zwei Monate später in Am immer die Zeit angeben, welche es in einem gegebenen Mor te in *Greenwich* ist. Hat man sodann an jenem Orte einer andern guten Uhr die wahre Zeit aus Beobachtungen stimmt, so wird der Unterschied beider Uhren den Abs des Meridians jenes Ortes von dem von Greenwich in Stun

und Secunden angeben, welche nach dem Verhältniſs
St. zu 360° oder 1 : 15 leicht in Grade und deren
ı übersetzen sind. Dieser östliche oder westliche Ab-
Ortes von Greenwich heiſst dann seine geographische
Da man nun im Stande ist, entweder durch Aufstel-
s Passageinstrumentes, durch correspondirende oder
elne Sonnenhöhen die wahre Zeit an jedem Orte mit
uigkeit zu bestimmen, so begreift man leicht, daſs
ıverlässige Uhr das einfachste Mittel zur Bestimmung
phischen Länge wäre. Daſs die Uhr gar keinen *täg-*
'ang haben sollte, ist kaum anzunehmen, hat aber
das Resultat keinen Einfluſs, wenn nur ihre Accele-
r Retartation von einem Tage zum anderen genau sich
bt. Denn gesetzt, die Uhr gehe täglich 2,5 Sec.
iſsen für 2 Monate oder 61 Tage 61 × 2,5 = 152,"5
',5 von der Uhrzeit abgezogen werden.
unterscheidet im Englischen diese Kunstwerke auch
·*Chronometer* und *Pox-Chronometer* Taschen-
ır und dosenförmige Chronometer oder Seeuhren.
sind in Form und Gröſse den Taschenuhren ähn-
sind bestimmt, in der Tasche getragen zu werden,
edoch rathsam ist, sich eines zu harten Ganges und
n Erschütterungen zu enthalten; des Nachts werden
n in einem viereckigen Kästchen *stehend* bewahrt;
, daſs sie so gut abgeglichen sind, daſs sie in jeder
ıämlichen Gang beibehalten. Die Box-Chronometer
h in einem geräumigen hölzernen Kästchen, in wel-
wie die Compasse, in zwei Ringen horizontal aufge-
, damit sie bei den Schwankungen des Schif-
glichst gleicher Lage bleiben. Sie sind auch ge-
röſser als die andern Chronometer. Beide Arten
werden alle 24 Stunden, wo möglich immer zur
Zeit, aufgezogen; die meisten gehen 30 Stunden; ei-
wey, ja sogar acht Tage lang, damit, wenn einmal
hen vergessen würde, dennoch der ursprügliche
Uhr, auf welchen man sich bey Herleitung der
ht, nicht verloren sey.
chtigkeit der Kenntniſs der geographischen Länge für
it der Schiffahrt bewog schon früh verschiedene Regie-

rungen, Preise auf das beste Mittel, die Länge zur See zu find auszusetzen, die dann auch namentlich auf die Verbesseru der Uhren ausgedehnt wurden. Der erste, der von der A wendung der (wie er bemerkt, kurz zuvor erfundenen) Uh zur Findung der Meereslänge spricht, ist Gemma Frisiu Später, nach Erfindung des Pendels mit der Spiralfeder (Unruhe) durch Huygens um das J. 1664 beschäftigten si Dr. Hooke und Huygens selbst mit diesem Gegenstande, u wirklich wurde eine von dem letztern verfertigte Uhr im 1665 auf eine Reise nach der Küste von Guinea mitgenomm und soll auf der Rückreise die Länge der Insel Fuego am gr nen Vorgebirge mit grofser Genauigkeit angegeben haben. O wohl dieser gute Erfolg ihn zur fernern Verbesserung se Werke antrieb, so überzeugte Huygens sich doch, dafs lange man diese Maschinen nicht von der Einwirkung Wärme und Kälte, und andern Störungen unabhängig ma könnte, sie ihrem Zwecke nicht genügen würden.

Im J. 1714 bewilligte das englische Parlament 20 Stlg. zu Versuchen über diesen Gegenstand, und überde nen Preis von 10000 Pf. für den Erfinder einer Method Meereslänge bis auf einen Grad zu erhalten. Durch ein tere Acte wurde dieser Preis genauer bezeichnet, und zu Pf. für den Verfertiger einer Uhr festgesetzt, welche auf Reise von 6 Monaten die Länge des Schiffes bis auf einen genau gäbe, zu 7500 Pf., wenn sie nicht über zwei Drit eines Grades oder 40 Min. fehlte, und zu 10000 Pf. we bis auf einen halben Grad genau wäre. Aehnliche Bestim gen wurden auch für die Verbesserung der Methode der M distanzen ausgesprochen.

Aller dieser Aufmunterungen unerachtet machte die C nometrie keine Fortschritte, bis ein Mann aufstand, der Scharfsinn, Beharrlichkeit und Erfindungsgabe die vorhe übersteiglichen Schwierigkeiten zu beseitigen wufste, un als der eigentliche Schöpfer dieser zu einer unglaublichen kommenheit gebrachten Kunst anzusehen ist. Dieser John Harrison, geb. i. J. 1693 zu Foulby in Yorkshire

---

1 Principia Astronomiae. Antwerp. 1530.

es Landzimmermanns, welcher zugleich mit Feldmes-
Repariren der Uhren in der Umgegend sich abgab.
a aufserordentlichen Hange zur Maschinerie hatte der
RRISON doch nur schlechte Gelegenheit, seinen Durst
intnissen zu befriedigen; er verwandte die Nächte
eiben und Zeichnen, und scheute die Mühe nicht,
ON's Vorlesungen über die Physik, die der Ortspfarrer im
it ihm mitgetheilt hatte, mit allen Figuren zu copiren.
6 verfertigte er zwei Uhren gröfstentheils aus Holz
ensationspendel und Echappement von eigner Erfin-
alles Vorherige übertrafen, indem sie in einem gan-
nur 1 Sec. Fehler gaben. Im J. 1728 kam er nach
nit Zeichnungen zur Construction einer See-Uhr,
bei der Comission für die Meereslänge Unterstützung
llte. Der Königl. Astronom Dr. HALLEY wies ihn an
niker GRAHAM und dieser rieth ihm, die Sache erst
elbst auszuführen, und nachher bei jener Behörde
lden. HARRISON erschien erst nach acht Jahren wie-
inem vollendeten Werk, das im folgenden Jahre auf
e nach Lissabon eine günstige Prüfung bestand. Im
achte er eine zweite einfachere und bessere Uhr,
bgleich sie keiner Seereise unterworfen wurde, doch
m viele Gönner erwarb. Sie wurde jedoch, zehn
r von einer noch einfachern und bessern, die nur
. wöchentlich abwich, übertroffen. HARRISON glaub-
Ziele seiner Bestrebungen zu stehen; doch der Ver-
ne neuen mechanischen Grundsätze auch auf die
ng der Taschenuhren anzuwenden, welcher über
rtung gelang, vermochte ihn, einen vierten Chro-
a verfertigen, welcher die Form einer Taschenuhr
l in Durchmesser erhielt. Mit diesen machte sein
November 1761 bis März 1762 eine Reise nach Ja-
zurück, deren Resultat war, dafs das Chronometer
en nur $114\frac{1}{2}$ Sec. von Zeit, oder $28\frac{1}{2}$ Min. im Bogen
ı war. Dieses war noch unter der Gränze, welche
entsacte festgesetzt hatte, und HARRISON meldete sich
llen Preis. Man erhob jedoch Zweifel über die wah-
on Jamaica, über die gebrauchte Art der Zeitbestim-
lbst so wohl als in Portsmouth, und wollte in dieser

einmaligen Probe keine Garantie für die künftige Zuverläfsi
keit des Werkes finden. Nachdem man Beobachter zur B
stimmung der wahren Länge von Jamaica ausgesandt hat
ging im März 1764 der Sohn WILLIAM HARRISON nach BARI
DOS ab, wo er in der Mitte Mai's ankam. An beiden Ort
in Portsmouth und Barbados, war die Zeit durch correspon
rende Höhen bestimmt worden, nach welchen der Chronon
ter den Längen-Unterschied beider Oerter zu $3^{st}\ 55'\ 3''$, ang
statt dafs ihn die astronomischen Beobachtungen zu $3^{st}\ 54'$
bestimmt hatten; der Fehler betrug also nur 43 Sec. in Z
oder $10'\ 45''$ im Bogen. HARRISON erhielt nun endlich die e
Hälfte der festgesetzten Belohnung, nachdem er schon vor
mehrere Summen theilweise empfangen hatte. Dagegen üb
gab er der Admiralität seine vier Uhren mit allen dazu gehö
gen Zeichnungen und Instructionen. Die Richtigkeit der v
ihm aufgestellten Grundsätze erhielt ihre volle Bestätigung,
man durch den Uhrmacher KENDAL nach denselben ein ne
es Chronometer verfertigen liefs, das noch besser ging, als i
von HARRISON selbst. Seine Trefflichkeit wurde auf Coo
zweiter Reise von 1772 bis 1775 vollständig bewährt, u
HARRISON empfing endlich im J. 1774 die zweite Hälfte
Preises. Im folgenden Jahre gab er eine kleine Schrift her-
unter dem Titel: Description concerning such Mechanism
will afford a nice or true mensuration of time etc, die ein M
ster der höchst verworrenen Schreibart eines unstudirten K
pfes ist. Er starb 1776 in einem Alter von 83 Jahren. —
die Astronomen, die ihrerseits den ausgesetzten Preis durch
Verbesserung der Methode der Monddistanzen zu erringen su
ten, war er nicht gut zu sprechen, und nannte sie scherzw
Lunatics. Diese Empfindlichkeit mochte von einem ungün
gen Urtheile über den Gang seines letzten Chronometres h
rühren, das aus den Beobachtungsregistern des Königl. As
nomen Dr. MASKELYNE hervorging, welchem man nach der R
se von Barbados jenes Instrument zur fernern Prüfung über
ben hatte. Ein ähnliches Mifstrauen vermochte auch später
geschickten Künstler JOSIA EMERY zur Begründung seiner A
sprüche auf die gesetzliche Belohnung seiner Chronometer v
zugsweise einem ausländischen Astronomen, (von ZACH)
übergeben, welcher beim Besuch verschiedener Sternwa

die Uhren jedesmal dem dortigen Astronomen behän-
d es diesem überliefs, durch Vergleichung mit seiner
m Pendel - Uhr die geographische Länge herzuleiten,
ıer das Resultat bekannt zu machen. 'Auf diese Wei-
der Sachwalter EMERY's mehrere Zeugnisse für die
r Chronometer, gegen deren Gültigkeit kein Zweifel
'erden konnte.
ınkreich bemühten sich LE ROY und die beiden BER-
n die Verbesserung der Chronometer, während dem
l verschiedene Künstler, namentlich ARNOLD, KEN-
KBANES, PENNINGTON, MUDGE, EMERY, BARRAUD und
EARNSHAW [1] auf dem von HARRISON geöffneten Pfade
fortschritten. Der letztere erhielt im J. 1803 von
:hen Admiralität eine Belohnung von 3000 Pf. Stlg.
utschland haben SEIFFERT in Dresden, BUTZENGEIGER
n, und AUCH in Weimar sich mit diesem Gegen-
:häftigt; es sind jedoch nicht hinreichende Notizen
ang dieser Kunstwerke bekannt geworden.
ıemark haben in den neusten Zeiten JÜRGENSEN in
ı und KESSELS in Altona sehr gute Chronometer ver-
n denen die astronom. Nachrichten des Prof. SCHU-
Kenntnifs geben. Die meiste Bewunderung aber
ie Kunstwerke BREGUET's in Paris, die Alles was
:sem Fache geleistet worden, übertreffen, von de-
erst im J. 1819 in den Ann. de Chim. Bd X. p. 113
823 in Schumachers Astron. Nachr. Bd. I. p. 109
ter ihres Ganges bekannt gemacht worden sind [3].
auptstücke, worauf es bei der Verfertigung eines
:ters ankommt, sind folgende: 1. Der *Druck*, wel-

haw hat die Grundsätze und die Einrichtung seiner Chro-
ner besondern gegen ARNOLD gerichteten Streitschrift ent-
dem Titel: Explanation on the Time-Keepers construc-
omas Earnshaw and the late Mr. John Arnold. London. 1806.
p. 209, 233, 510; ferner Bd. III. p. 153 und 169.
etaillirtes Verzeichnifs der Chronometer und anderer Uh-
uet findet sich in Schumacher's Astron. Nachr. IV. Nro. 77
:h demselben kosten die Box - timekeeper 2400 bis 3000
Taschenchronometer in Gold 1800, in Silber 1500 Francs.
che Werke dieser Art sind auch höher im Preise.

chen die Hauptfeder auf das Räderwerk, und durch dieses die Unruhe ausübt, mufs beständig von *gleicher* Stärke se Die in dem gewöhnlichen Taschen-Uhren angebrachte Schn ke ist dazu unzureichend. Harrison half sich durch Anbı gung einer kleinen schwachen Feder, die nur $\frac{1}{8}$ Minute l auf das Gehewerk wirkte, und immer wieder durch die Hauptfe aufgezogen wurde. Die neuen Künstler erreichen ihren Zw dadurch, dafs sie *lange* nicht stark gespannte Federn gebr chen; und Breguet bringt, wie Schumacher berichtet, seinen Chronometern sogar zwei Federn an, die zu bei Seiten in das Getriebe des Minutenrades eingreifen. Eben hin wirkt denn auch

2. die Beschaffenheit der *Auslösung* oder des sogen ten *Echappements*, das so eingerichtet seyn mufs, dafs Hauptfeder nur durch das Intermedium freischwebender H der Unruhe einen augenblicklichen Anstofs zur Fortset ihrer Bewegung ertheilen kann, und die Unruhe den grö Theil der Zeit von dem Werke selbst unabhängig ist. glaubte, durch die *Schnelligkeit* der Schwingungen die D der Berührungsmomente abzukürzen, und liefs daher die ruhe bis auf fünf Schläge in der Secunde machen. Es jedoch mehrere und zwar von den besten Chronometern nur halbe Secunden schlagen, was nebenbei ihren Gebr bei Beobachtungen wesentlich erleichtert, indem man die cunden nach dem Gehör fortzählen kann, was bei unger Schlägen nicht wohl möglich ist. Dagegen dürfte die Sch ligkeit der Schwingungen, die auch durch die Gröfse Ausschlags zu erreichen ist, dazu beitragen, die Unruhe gen rasche äufsere Bewegungen in der Richtung ihrer E unempfindlicher zu machen.

3. Nicht minder wichtig ist die *Gröfse der Unr* welche das gewöhnliche Verhältnifs bedeutend übertrifft, so sie durch ihr statisches Moment, verbunden mit einer st Spiralfeder, grofse und kräftige Schwingungen zu mache hig sey, und vom Räderwerk gerade nur denjenigen Im empfange, welcher zur Fortsetzung der durch Reibung, den Widerstand der Luft und der Spiralfeder geschwächten wegung nothwendig ist. Man pflegt die Schwere der Ur durch zwei kleine, an den Enden eines Diameters befind

ndrische Gewichte zu vermehren, welche an einem feinen
ubengang dem Centrum näher gerückt oder von ihm entfernt
den können, um durch dieses die Schnelligkeit der Schwingun-
oder den mittlern Gang der Uhr zu reguliren. Die Spiralfe-
selbst bleibt unverändert; sie ist von bedeutender Länge und
ke, zuweilen des Rostens wegen nicht aus Stahl, sondern
stark gehämmertem Golde verfertigt. Arnold und andere
ler gaben ihren Umgängen eine cylindrische Form; Earn-
y hält dieses für unwesentlich.

4. Die *Reibung* mufs aufs möglichste vermindert, und
igen Theile, welche derselben am meisten ausgesetzt sind,
en aus solchen Stoffen verfertigt werden, die keine Abnuz-
erleiden, damit die Uhr nicht mit der Zeit ihre Taug-
eit verliere. Zu diesem Ende ist nicht nur das Räder-
, sowohl in Absicht auf Ausarbeitung als auch in Bezie-
auf die gröfsere Zahl der Triebstärke von besonderer Voll-
enheit, sondern es ist auch bei den besten Uhren dieser
das Messing von allen denjenigen Theilen, die gröfserer Rei-
ausgesetzt sind, ausgeschlossen, und diese werden nur von
verfertigt, gehärtet und aufs höchste polirt; die Zapfenlö-
mit ihren Deckplatten, und eben so die eingreifenden Haken
Stifte sind von harten Steinen, Agaten oder Rubinen.
wollte eine Zeitlang behaupten, dafs solche Uhren kein
erfordern, und der jüngere Arnold ging so weit, dieses
inen Vorzug seiner Chronometer vor Gericht namhaft zu
en; doch verrieth der Geruch die Gegenwart desselben.
grofsem Einflufs ist die Reinheit und Unveränderlichkeit
Oeles, das weder durch die Reinigungsmethode, noch ur-
glich irgend eine Anlage zur Säurung enthalten darf.
nimmt daher hierzu nur den freiwilligen ungeprefsten
f guter reifer Oliven [1]. Aufserdem hat die Entfernung des
ngs auf den Stellen der stärksten Reibung noch den Nutzen,
nicht die durch Berührung heterogener Metalle hervorge-
te Elektricität einen Sauerungsprocefs einleitet, der das
igwerden des Oels und seine Zähigkeit beschleunigen
le.

---

1 S. von Zach Corresp. Astron. Vol. III. p. 174.

5. Noch bleibt ein wesentliches Hindernifs eines r
gen Ganges zu beseitigen übrig, der Einfluſs der *Tem*
Die Wärme macht die Spiralfeder schwächer, und d
Schwingungen der Unruhe langsamer. Man begegnet die
verlust, indem man zwei an der Unruhe angebrachte l
wichte durch die Wirkung eben derselben Wärme den
näher rücken läſst, wodurch das Trägheitsmoment
he erleichtert und sie fähig wird, auch bei geringe
der Feder eben so schnelle Schwünge zu machen, wie

6. Alle einzelnen Theile des Werkes, die an
bewegen, müssen aufs Beste *aequilibrirt* seyn. Besonde
ses von der Unruhe, welche, wenn sie (ohne Spiralf
selbst überlassen ist, nirgend eine Uebewucht ze
Daſs die Axen an ihren Ansätzen keine eigentliche Rei
ben, sondern nur mit der äuſsersten Spitze einen v
Steinen verfertigten Deckel des Zapfenlochs berühr
ist eine Bedingung, die sich bereits aus den in Nr. 4
ten Bemerkungen ergiebt.

Die *Chronometer* in ihrer gegenwärtigen Voll
heit sind ein wichtiges Beförderungsmittel der Schiff
der nautischen Geographie geworden. Die Leichtig
welcher man aus einigen Sonnenhöhen jeden Auge
wahre Zeit finden, mithin die Ortsveränderung des S
der Länge bestimmen kann, macht dieses Werkzeug
sonders bei Küsten-Aufnahmen zur Bestimmung der M
stationen sehr nützlich. So trefflich übrigens die Die
welche ein gutes Chronometer für die Bestimmung der
Länge leistet, so wird dennoch jeder Seefahrer wohlt
Zeit zu Zeit die Angaben desselben durch Längenbe
gen aus Monddistanzen zu prüfen, welche bei der ge
gen Genauigkeit der Spiegelsextanten, der Reductionsn
und besonders der Mondstafeln ein zuverlässigeres Res
währen, als diese kleinen, so manchem Zufall aus
Maschinen. Etwas entbehrlicher wird diese Prüfung
zern Ueberfahrten, und besonders wenn man im Besit
rer wohlgeprüfter Chronometer der besten Art sich

---

1 Vergl. *Compensation.*

...n relative Aenderung bei dem Wechsel der Temperaturen ... immerhin auf die Fluidität des Oeles einen unausweich... ...en Einfluſs behalten) man kennen gelernt hat. In diesem ...e läſst sich aus der bloſsen täglichen Vergleichung der Uh... mit einander die Epoche und das Quantum der Aenderung ...r relativen, mithin auch diejenige ihres absoluten Ganges ...ren. Ueberdem liegt es in den Gesetzen der Wahrschein...keit, daſs wenn alle Chronometer von gleicher Güte sind, ...rithmetische Mittel aus Allen der Wahrheit sehr nahe ...en werde. Sind sie es nicht, so läſst sich die Zuverlässig...des einen und andern durch Zahlen ausdrücken, nach ...len ihre Angaben beim Zusammenschlagen derselben mo...irt werden müssen. Ein wichtiger Vorzug chronometri...r Längenbestimmungen liegt noch darin, daſs sie von ...r Art zweifelhafter Elemente, wie Mondsdurchmesser, ...xe, Abplattung, Refraction u. s. w. abhängig sind. Die...ag wohl die englische Admiralität veranlaſst haben, eini... ...ichtige Puncte durch Chronometer bestimmen zu lassen. ...ommer 1822 sandte sie den Dr. Tiarks von Greenwich ... Madeira mit 17 Chronometern; im Sommer 1823 von ...r nach Falmouth und zurück mit 29 im Sommer 1824 ... Helgoland mit 36 Chronometern; die Länge von Fal...th ergab sich hieraus zu 20′ 11,″3 west. von Greenwich, statt ...sie aus den trigonometrischen Messungen nur zu 20′ 6,″9 ...immt worden war.

Mit Recht haben berühmte Seefahrer und Kenner der ...ischen Astronomie [1] sich gegen die Gleichgültigkeit erho... mit welcher oft bei wichtigen und kostbaren Ausrüstun... die Anschaffung eines Chronometers vernachlässigt wird. ...t nur kürzt die tägliche Bestimmung der Länge die Reise ...eefahrers ab, indem sie ihn, falls er durch Strömungen ...rt worden wäre, in den Stand setzt, immer den Curs ... seiner jedesmaligen Station zu verändern, sondern eben ... Beschleunigung der Reise ist oft für das Heil seiner Schif-

---

1 z. B. Krusenstern in Zachs Corresp. Astron. VII. p. 150. Capt. Hall im Edinb. Philos. Journ. No 4. und von Zach an mehrern ...n der Monatl. Corresp. und der Corr. Astron.

fer von den wichtigsten Folgen. Eine Verspätung von we
gen Stunden, um welche er dem Port zu spät sich näh
zieht zuweilen den Untergang des Schiffes, oder einen Zeitverl
von mehrern Wochen nach sich. Die Ersparung von eini
hundert Thalern hat schon mehr als einmal den Verlust v
Millionen zur Folge gehabt, selbst in Fällen, wo die Geschi
lichkeit und Sorgfalt des Befehlshabers jedes Versehen der
auszuschliefsen schien. So wurde den 2. April 1804
englische Fregatte Apollo, die eine Flotte von 61 reich bela
nen Schiffen nach Westindien begleitete, sechs Tage nach
rer Abfahrt mit 40 dieser Schiffe vom Sturm an die Portu
sische Küste geworfen, nur darum, weil der Capitän J. W.
Dixon durch Sturm und Strömung um 8,5 Grad weiter n
Westen getrieben worden war, als die Schifferrechnung a
wies. Hätte er ein nur mittelmäfsiges Chronometer geh
so hätte er, da am Tage vor seinem Unglück die Sonne sc
(er erhielt nämlich eine Breitenbestimmung) durch ein
Sonnenhöhen über das Gefährliche seiner Lage belehrt,
dem Südwest-Sturme durch einen nördlichen Curs dem Sc
bruch entrinnen können. Die französische Fregatte Me
verunglückte im J. 1817 aus dem nämlichen Grunde.
eben so warnendes Beispiel liefert das Schicksal des gro
englischen Transportschiffes Arniston, das mit einer du
zwei Corvetten geleiteten Flotte von Ceylon nach Europa
rückkehrte. Ehe man das Vorgebirge der guten Hoffnung
reichte, verlor der Arniston die übrigen Schiffe aus dem G
sichte, und blieb nun sich selbst überlassen. Am Vorgeb
der guten Hoffnung regieren starke westliche Strömungen, w
che die von Osten kommenden Schiffe in ihrem Laufe bedeut
zurücksetzen. Ungewifs über seine Länge (die Chronometer wa
am Bord der Kriegsschiffe) hatte der Capitän nach guten Anga
täglich 20 nautische Meilen von seiner Rechnung abgezogen,
glaubte endlich am 11ten Tage sein Schiff nach Norden auf
Helena wenden zu dürfen. Ein heftiger Sturm von Sü
schien seine Fahrt zu begünstigen; allein wie grofs war s
Erstaunen, als er nach wenigen Stunden sich von Land u
geben, und unentrinnbar in die 100 Meilen ostwärts vom
liegende Struysbey hineingetrieben sah. Vergeblich warf
die Anker aus; die Wuth des Sturmes und der Wellen warf

iff an die Küste, und die ganze Mannschaft, die aus einigen ndert Invaliden, etwa 50 Weibern und einer grofsen Anzahl ndern bestand, fand ihr Grab in den Fluthen. Nur fünf rsonen entkamen dem traurigen Schicksal.

influfs des Mangnetismus auf den Gang der Chronometer.

Schon im J. 1798 macht VARLEY auf die Abweichungen ufmerksam, welche durch den Magnetismus der Unruhe vermuthlich des stählernen diametralen Steges an derselben) im Gange der Chronometer hervorgebracht wurden. Er zeigte dafs ein solches Chronometer, wenn der Nordpol jenes Stäbchens nach Norden gerichtet war, täglich 5′35″ voreilte, und in entgegengesetzter Richtung um 6′48″ zurückblieb. Obwohl nun dieses Beispiel ganz aufserordentlich ist, so fand sich dennoch seither an vielen Chronometern ein Unterschied von einer oder mehreren Secunden im täglichen Gange, wenn z. B. die Zahl XII. das einemal nach dieser, das andere nach iner entgegengesetzten Richtung gekehrt wurde. Einer von ...RNSBY's Chronometern veränderte seinen Gang von 4″ bis 9″, ...enn er, das einemal Nord-Ost, das andere mal Süd-West gerichtet wurde. Zur Zeit, als die Entdeckung vom Magnetismus der Eisenmassen im Schiffe und ihrer störenden Wirkung auf den Compafs[1] gemacht wurde, kam auch dieser Gegenstand aufs Neue in Anregung; besonders wollte man darin eine Erklärung der befremdlichen Erscheinung finden, dafs viele Chronometer auf dem Schiffe einen andern Gang annahmen, als sie kurz zuvor am Lande gehabt hatten. Ein gewifser HARVEY hat über den Einflufs künstlicher Magnete viele Versuche angestellt, die aber gröfstentheils unbrauchbar sind, weil er nicht die *Unruhe*, sondern nur die *Hauptfeder* in regelmäfsige Lagen gegen einen 18 Zoll langen Magnetstab gebracht hatte. Dadurch wurde die Unruhe von zwei nach Lage und Annäherung veränderlichen, Magnetismen, dem directen des Magnetstabes und dem (von diesem erregten) der Hauptfeder sollicitirt, so dafs sich aus dieser gemischten Wirkung keine bestimmten Resultate ableiten lassen. Bei einigen dieser Versuche ging

1 S. den Artikel: *Ablenkung*.

die Aenderung des Ganges auf etwa 45 Sec. in plus und ı Geringe Veränderungen der Länge der Chronometer den Magneten brachten bedeutende Aenderungen des (hervor; doch kehrten die Uhren nach dem Versuche balc der zu ihren vorigen Gange zurück. Es ist wohl kaum dei werth, diese Versuche, die wegen des Einflusses der Haup und der stählernen Axen kein reines Resultat gewährei nen, weiter auszudehnen; ungleich sicherer möchte es den Steg der Unruhe aus Mefsing, oder wenn man die Aı nung dieses Metalles scheut, aus Platin zu verfertigen vielleicht auch dieses Metall zur Verfertigung der Compe onsstreifen anzuwenden. Scoresby schlägt vor, die Ch meter auf ein Lager zu legen, das auf einer Spitze dre durch eine unterhalb in einiger Entfernung angebrachte gnetnadel in unveränderter Richtung erhalten würde. Er ha dieser Vorrichtung gute Resultate wahrgenommen [1]. H.

Circummeridianhöhen.

Altitudines siderum parum a meridiano distant Hauteurs circon-meridiennes. Höhen der Gestirne in der Nähe des Meridians beobachtet sind. Man bedient dieser Höhen, wenn man aus Mangel an feststehenden Iı menten die wahre Meridianhöhe nicht mit vollkommener nauigkeit erhalten kann, und es läfst sich die wahre Mit höhe aus einer Reihe solcher Höhen, die mit Angabe der schenzeiten nahe an der Culmination genommen sind, gut bestimmen. Hat man nämlich aus correspondirenden nenhöhen die Zeit des wahren Mittags bestimmt, so weifs bei jeder einzelnen Beobachtung, wie weit vom Mittage si gestellt ist, und kann aus der oberflächlich bekannten Po die *Reduction auf den Meridian* für jede Beobachtu i. die wahre Mittagshöhe sehr genau finden, wodurch dann die Polhöhe selbst genau gefunden wird [2]. *B.*

---

1 Siehe das Edinb. Philos. Journ. Nr. 17. p. 41, und Nr. 19 ferner die Philos. Transact. for 1822. p. 241.

2 Littrow. Astronomie I. S. 149. 171.

Circumpolarsterne.

tellae polo vicinae; *Circum - Polar Stars.* Die Ster-
:, welche dem wahren Pole des Himmels nahe stehen. Man
braucht sie gern zu Bestimmung der Polhöhe, weil ihre bei-
en Höhen im obern und untern Durchgange durch den Meri-
ian die Polhöhe des Ortes geben, die nun noch wegen der in
ieser Höhe statt findenden Refraction corrigirt werden mufs.
Man hat hiebei nicht nöthig, die Declination des Sternes zu ken-
nen, und da für Sterne, die nur wenige Grade vom Pole ent-
fernt sind, die Höhe sich um die Zeit der Culmination sehr we-
nig ändert, so schadet selbst eine kleine Entfernung des Instru-
ments von der Meridian - Ebene wenig. Der Polarstern ist hier-
zu vorzüglich geeignet. Selbst aus Beobachtungen des Polarster-
nes aufser dem Meridian läfst sich die Polhöhe gut bestimmen [1].
Aber nicht blofs zu Bestimmung der Polhöhe, sondern auch um
die Stellung der Meridian - Instrumente zu berichtigen, dienen
die Circumpolarsterne. Beobachtet man nämlich an einem
Fernrohr, das in einer Vertical - Ebene beweglich ist, den Durch-
gang des Sternes oberhalb und unterhalb des Poles, so ist die
Zwischenzeit die genaue Hälfte eines Sternentages, wenn jene
Vertical - Ebene die Ebene des Meridians ist; findet man also die
Zwischenzeit abweichend von einem halben Sternentage, so er-
kennt man sogleich, nach welcher Seite die Stellung des Instru-
ments vom Meridian abweicht, und kann auch die Gröfse dieser
Abweichung leicht berechnen [2]. *B.*

Cohäsion.

Cohärenz, Zusammenhang; *Cohaesio*, *cohaerentia*;
Cohésion, cohérense; *Cohesion*; bezeichnet den Grad
der Stärke, womit die Bestandtheile fester, oder eigentlich
starrer Körper zusammenhängen, oder auch den Widerstand,
welchen diese Körper einer Trennung, einem Zerrissen - oder
Zerbrochenwerden entgegensetzen. Diese Eigenschaft der star-
ren Körper fällt also gleichsam mit ihrer *Festigkeit* zusam-

---

1 Littrows Astronomie I. 173.

2 Littrows Astron. I. 391.

men, und wird daher vielfach durch die letztere ausgedrückt[1]
Bei der Untersuchung dieses Gegenstandes sind zwei verschie
dene Gesichtspuncte zu berücksichtigen, aus welchen man di
Sache betrachten kann, indem man nämlich entweder di
Naturkraft zu erforschen sich bemüht, auf welcher dieser Zu
sammenhang der Bestandtheile starrer Körper und der ungl
che Widerstand beruhet, welchen sie den trennenden Kräft
entgegensetzen, oder unbekümmert um das eigentliche We
dieser bis jetzt noch unerforschten Ursache sich an die *Th*
sachen hält, und die Stärke des Zusammenhanges oder d
Grad der Cohäsion der einzelnen Körper unter den mannigf
tigen bedingenden Umständen untersucht. Da das Leztere v
grofsem praktischen Nutzen ist, das Erstere aber schon in V
aus keinen reellen Gewinn verspricht, so könnte man gen
seyn, blofs jenes zu berücksichtigen und dieses gänzlich
vernachlässigen. Allein da die Erscheinungen der Cohäsion
tief in die eigentlichen Naturgesetze eingreifen, und mit der p
losophischen Untersuchung der Naturkräfte in so genauem Z
sammenhange stehen, so ist es selbst aus dem geschichtlic
Gesichtspuncte betrachtet unumgänglich nothwendig,
das Wesentlichste von demjenigen beizubringen, was man
Aufklärung dieser Erscheinungen an sich bisher aufgestellt h

1. Theoretische Betrachtungen.

Schon in den ältesten Zeiten hat man versucht, die auffal
lende Erscheinung der Cohäsion auf ein allgemeines Naturge
setz zurückzuführen. Nach den Peripatetikern war Härte u
Zusammenhang eine *Qualität zweiter Ordnung*, oder eine F
ge der Trockenheit, welche ihnen für eine *Qualität erster O*
nung galt. Andere Scholastiker redeten von einem ursprü
lichen Leime; oder von kleinen Häkchen der Atome, und G
LILAEI wollte diese Eigenschaft der Körper auf den Abs
der Natur am leeren Raume zurückführen. Nach CARTESIU
ist Härte und Zusammenhang fester Körper eine Folge der

1 Vergl. über diesen Sprachgebrauch die Artikel *Anziehung* p. 347 und *Adhäsion* I. p. 171.

2 Princ. phil. II. §. 55.

-ten Ruhe ihrer Theile, indem dagegen die der Flüssigkeiten -ter Bewegung seyn sollen. Wie diese Erklärung sich da-in Uebereinstimmung bringen lasse, dafs die festen Körper -nzen bewegt werden können, ohne Aufhebung hres Zu-enhanges, ist allerdings leichter begreiflich, als dafs die -ion selbst durch die Schwingungen schallender Körper aufgehoben wird; indefs belohnt es sich überhaupt der nicht, solche an sich ganz unbegründete Hypothesen zu -gen, wie schon daraus hervorgeht, dafs im Gegensatze -r eben aufgestellten Meinung Leibnitz[1] die Cohäsion -e Folge der Bewegung der Körperelemente angesehen will. Jacob Bernoulli[2] leitete die Cohäsion zuerst -cke der Luft ab, worauf ihn wohl vorzüglich die Ver-mit sogenannten Cohäsionsplatten führten. Weil aber die Stärke der Cohäsion selbst, als auch das Verhalten -per im luftleeren Raume hiergegen streitet, so nahm eigenen *Aether* als wirkende Ursache an, dessen Ela-übrigens nach Winkler[3] 1912 mal stärker, als die der -eyn müfste, um die Stärke des Zusammenhanges beim zu erklären, wovon ein Draht von 0,1 Z. im Durch-durch 299 ℔ zerrissen wurde. Als gänzlich ungenü-Hypothese ist auch diejenige zu betrachten, welche Hen-aufgestellt hat. Er argumentirt nämlich, dafs der Ver-mit den Magdeburger Halbkugeln eine durch den Luft-bewirkte Cohäsion beweise. Diese reiche aber nicht -m die Phänomene genügend zu erklären, wohl aber das -arfeuer, welches als Mittel, alle Körper zu trennen, auch -eyn müsse, sie zusammen zu halten, um so mehr, als in seiner eigentlichen Gestalt sich auflösend, als Licht -flösend, als Elektricität wieder anziehend zeige. Ohne sey daher die *Elektricität* das eigentliche *Elemen-*-er, und vielleicht das Löthen der Metalle so wie das -en des Eisens im Feuer ein directer Beweis für die Gül-

1 Theoria motus. Lond. 1671. 12. Phil. Tr. VI. 2213.
2 De gravitate aetheris. Amst. 1683. 8. Opp. I. 45.
3 Anfangsgründe der Phys. §. 642.
4 Phil. Trans. 1777.

tigkeit dieser Hypothese. Auch nach Hube [1] soll die elek
sche Anziehung allen Erscheinungen des Zusammenhängens z
Grunde liegen, indem alle Körper in einem gewissen Verhä
nisse stets elektrisch sind. Ritters [2] Hypothese, welche glei
zeitig durch v. Arnim [3] aufgestellt wurde, wonach die Co
sion mit dem *Magnetismus* zusammenfallen oder mindest
damit verwandt seyn soll, kann bei der jetzigen Kenntniss
ses Gegenstandes keinen Beifall mehr finden.

Dafs die Erscheinungen der Cohäsion im Allgemeinen
Attraction gehören, kann nicht bezweifelt werden, u
würde sehr unphilosophisch argumentirt seyn, wenn man an
men wollte, die Stärke des Zusammenhanges der starren
per sey etwas diesen eigenthümlich Zukommendes, und au
Verbindung mit den übrigen Naturgesetzen Stehendes. Vie
beobachten wir, dafs die Cohäsion der nämlichen Körper
stärker bald schwächer ist, und dafs sie namentlich bei
schmelzbaren, z. B. den Metallen, von dem schwächsten
streben nach *Annäherung* ihrer Theile gegen einander i
Dampfform zur *Adhäsion* im Zustande der tropfbaren
sigkeit, und nach dem Erstarren zur schwer überwindl
Festigkeit übergeht, wonach also die Cohäsion zur allg
nen Naturkraft der Anziehung zu rechnen ist. Newton,
cher das Attractionsgesetz auffand, und vielfach anw
hat sich auf verschiedene Weise über die eigentliche Ur
der Cohäsion geäufsert, ohne jedoch auf diese Resultate
blofsen Speculation grofsen Werth zu legen. Den Druck
Aethers, welcher zu seiner Zeit sehr allgemein als exis
und wirkend angenommen wurde, und auf welchen an
die Phänomene der Schwere und Gravitation zurückzuf
mit unter sich nicht abgeneigt zeigte [4], scheint er nicht als
sache der Cohäsion angesehen zu haben. Dagegen äufs
die Hypothese, es möchten wohl die kleinsten Theilch
Körper, durch die stärkste Anziehung gebunden, gröfsere
per von geringerem Zusammenhange bilden, diese aber

1 Vollständiger und fasslicher Unterricht in der Naturlehre
2 G. IV. 15.
3 G. III. 48.
4 S. *Anziehung* p. 324.

größsere von noch schwächerem Zusammenhange u. s. w. die Reihe mit den gröberen Theilen aufhöre, von denen die ...chen Operationen und die Farben abhingen, und deren ...dungen sinnlich wahrnehmbare Körper bildeten. Von Grade der Trennung in solche feinere oder gröbere Theil... könnte dann der Zustand der Flüchtigkeit und Feuerbe...gkeit, der Flüssigkeit und Festigkeit abhängen [1]. Eine ...he beiläufige Aeufserung KANT's [2], dafs die Anziehung ... man zur Erklärung des Zusammenhanges der Materie ...e, vielleicht nur scheinbar sey, und die Meinung viel ...h habe, dafs die Zusammendrückung eines überall ver...ten Aethers Ursache dieser Phänomene sey, ist zu wenig ..., zu schwach begründet und in zu losem Zusammenhan... der Theorie dieses berühmten Philosophen, als dafs sie Beachtung verdiente.

...r hat bekanntlich Anziehung und Abstofsung (*Zieh- und Dehnkraft*) als Urkräfte oder Grundkräfte auf..., welche der Materie zu ihrer Existenz nothwendig zu...en sollen, und seine Anhänger wollen hieraus, wie früher GODWIN KNIGHT [3], die verschiedenen Naturer...ungen erklären, so dafs also auch die Cohäsion in nichts ..., als in einem *Uebergewichte der Ziehkraft* bestehen ... Einestheils aber ist die Annahme dieser Kräfte als Grund-...kräfte eine blofse Hypothese, anderntheils zeigt eine ...che Prüfung bald, dafs zwar die *Anziehung* als allge-...der Materie zukommend sich überall in der Erfahrung dar-..., dafs aber in specieller Beziehung auf die *Cohäsion* ...Hauptfrage hierdurch gar nicht beantwortet wird, näm-...warum sich diese gegenseitige Anziehung der Bestandtheile ...örpers bei den verschiedenen Substanzen und unter ver-...en Umständen auf so *ungleiche Weise* und in sehr *ab-...der Stärke* zeigt.

...dem es ausgemacht ist, dafs alle Materie allgemeine An-...g äufsert, so gewährt es den einzigen Anhaltpunct bei

[1] Optice ed. Clarkii. Lond. 1706 qu. 23. p. 337 ss.
[2] Metaph. Anfangsgr. der Naturw. Leip. 1800. p. 125.
[3] S. *Abstofsung* p. 122. Vergl. *Materie*.
[4] S. *Anziehung*.

diesen Betrachtungen, wenn man untersucht, ob sich die E-
scheinungen der Cohäsion auf diese allgemeine Naturkraft :
rückführen lassen, und in welchem Verhältnisse sie zu derse
stehen. Man kann diese allgemeine Ansicht der Sache zu g
fserer Deutlichkeit noch näher bestimmen, wenn man die F
ge sogleich innerhalb derjenigen Grenzen hält, in welche
geschlossen sie meistens betrachtet wurde, nämlich ob die
scheinungen der Cohäsion sich auf die von Newton aufgefund
den Massen directe und den Quadraten der Abstände umge
proportionale Anziehung zurückführen lassen, oder ob es
anders modificirten, wo nicht ganz eigenthümlichen Kra
ihrer Erklärung bedarf. In dieser Hinsicht stehen die Mei
gen zweier grofsen Geometer einander entgegen, nämlich N
ton's, welcher anzunehmen geneigt war, dafs die Anziehung
Cohäsion in einem höheren umgekehrten Verhältnisse des
standes wirke, und La Place's, welcher meint, dafs auch
sich auf das umgekehrte quadratische zurückführen lasse [1].

Gegen die letztere Meinung, so sehr man übrigens die
gemeinen Naturgesetze zu vereinfachen und auf eine ge
Anzahl zurückzubringen suchen mufs, läfst sich mit Gr
einwenden, einestheils dafs diejenige Anziehung, wod
wägbare Körper gegen einander und gegen die Erde zu S
sollicitirt werden, jedem einzelnen materiellen Theilchen
gleiche Weise zukommen, und daher den Massen direct
portional ist, dafs dagegen die Anziehung der Cohäsion
verschiedenen Körpern verschieden, z. B. anders beim K
als beim Blei, beim Zink, beim Silber u. s. w. gefunden w
anderntheils aber, dafs die Adhäsion flüssiger Körper an
und die Cohäsion der lezteren bedeutend stärker sind, als
Gravitation und Schwere, dafs sie neben und zugleich mit
lezteren bestehen, und mit der Trennung der Theile in der
gel gröfstentheils oder gänzlich aufhören. Rücksichtlich
das Erstere müsste man also entweder annehmen, dafs die
standtheile des einen Körpers mehr als die eines andern
der Kraft der Anziehung afficirt würden, was aber mit
Allgemeinheit und der Gleichartigkeit der Gravitation

1 Vergl. *Anziehung.*

d vereinbar wäre, oder dafs eine dieser Anziehung entgegen-
nde Kraft bei einigen mehr, bei andern weniger die Wir-
g derselben vermindern. Was aber NEWTON vermochte,
Flächenanziehung, oder die Anziehung in der Berüh-
von der allgemeinen, nach ihm benannten, Attraction
terscheiden, und ihr eine in einem stärkeren Verhältnis
Annäherung als dem quadratischen wachsende Kraft zum
e zu legen, ist insbesondere der Umstand, dafs getrenn-
ile des nämlichen Körpers auch wenn sie wieder mit ein-
in Berührung gebracht werden, dennoch gar keine oder
e geringe Anziehung gegen einander zeigen. Es läfst sich
mit genau flach geschliffenen Platten von Marmor, Glas,
u. dgl. (den sogenannten *Cohäsionsplatten*) zeigen,
e auch ohne Bindemittel bei sehr genauer Berührung ei-
deutenden Grad des Zusammenhängens zeigen; eigent-
er ist diefes nur *Adhäsion*, und die Stärke des Zu-
halteus steht derjenigen, welche diese Substanzen im
nten Zustande zeigen, oder der eigentlichen *Cohäsi-*
ehr weit nach. Am beweisendsten in dieser Hinsicht ist
rsuch, wenn man zwei Bleicylinder mit ihren glatt ge-
n Flächen fest an einander drückt, in welchem Falle
das weiche, und somit nachgebende, Metall eine innige
rung mehrerer Puncte, eine ganz eigentliche Verbindung
ich berührenden Theile gestattet, und dann einen bedeu-
Grad des Zusammenhanges zeigt [1]. Hieraus, eben wie
n Erscheinungen der Adhäsion und Capillarität, ergiebt
o, dafs die Wirksamkeit der hierbei thätigen Kraft sich
unmefsbar kleine Entfernung erstrecken könne, in der
ben Berührung aber weit stärker sey, als die sich zu-
gleich äufsernde, den Massen directe und dem Quadrate des
les umgekehrt proportionale Anziehung.

Indefs liegen diese Beweise gegen die Gleichheit der Flä-
chenziehung und der allgemeinen Attraction viel zu nahe,
s die scharfsinnigen Physiker, und unter ihnen nament-
LA PLACE, welche dennoch beide ihrem Wesen nach für
ch zu halten geneigt sind, sie sollten übersehen haben. Nach

---

[1] S. *Adhäsion* p. 173.

diesen lassen sich nämlich die Erscheinungen der Cohäsion lerdings auf dafs Newtonsche Attractionsgesetz zurückfüh wenn man nur annimt, dafs die constituirenden Bestandt der Körper einander nahe genug gebracht werden, um in gegenseitige Attractionssphäre zu kommen, welches nur in mittelbarer oder sehr nahe unmittelbahrer Berührung ges hen kann, da die Durchmesser aller Körperelemente versch dend klein sind, folglich eine so genannte nahe Berührung immer einen Abstand von vielen Halbmessern derselben trägt[1]. Diesen allerdings schweren Satz erläutert Robis in besonderer Beziehung auf die Cohäsion und ihre Vergleic mit der Gravitation durch ein Beispiel. Angenommen die serordentlich starke Anziehung eines Körpers erstreckte nur auf eine solche Entfernung von demselben, seinen Du messer als Einheit angenommen, dafs sie bei der Erde in nem Abstande von einem Fufse schon verschwindend wäre, man hätte eine Menge Kugeln, jede von 1 F. Durchmesser unmittelbarer Berührung neben einander liegend, höbe von selben eine in die Höhe bis auf einen Fufs Abstand von der oberfläche, so würde diese schon aufhören gegen die Erd gravitiren, zugleich aber würde eine folgende von ih gröfster Kraft angezogen werden, von dieser wieder eine re und sofort, wobei man *dem Gewichte nach* stets nur einzige zu tragen hätte, obgleich zur Trennung der an ein hängenden Kugeln eine sehr grofse Kraft erforderlich wäre[2].

Viele Gelehrte haben die schwierige Frage, ob zur Erkl rung der Cohäsion eine eigenthümliche, in höheren umgek ten Verhältnissen, als dem quadratischen, zunehmende so nannte Flächenkraft anzunehmen sey, oder auch diese, wie die Adhäsion, auf die Newtonsche Attraction zurüc führt werden könne, mit vielem Scharfsinn und gründlich prüft, von welchen Bemühungen die wesentlichsten hier währt werden mögen. Newton[3] zuvörderst bewies d

1 Vergl. *Anziehung*. p. 341.

2 Mech. Phil. I. 233.

3 Princ. I. sect. XII. prop. LXXI. theor. XXI. ss. Der Beweis Satzes findet sich ausführlich in der Ausgabe der Principien von Te nek. T. I. Pragae 1780 p. 268. Vergl. G. G Schmidt. in Münch. Denk 1808. p. 279.

Reihe von Schlüssen, daſs ein Punct auſserhalb einer Ku-
fläche, welcher gegen alle Puncte derselben gravitirt, von
er nach dem Mittelpuncte mit einer dem Quadrate des Ab-
des von diesem umgekehrt proportionalen Kraft angezogen
rde, und indem dieses für alle sehr dünnen Kugelschichten,
hin auch für die ganze Kugel gilt, so läſst sich annehmen,
die gesammte Anziehung im Centro derselben vereinigt sey,
ches daher auch der *Mittelpunct der Anziehung* ge-
t wird. Wenn daher von zwei gegebenen Puncten der ei-
sich in meſsbarem Abstande, der andre aber in der Berüh-
g der Kugeloberfläche befindet, so wird das angegebene
hältniſs der Anziehungen bei beiden stets ein endliches blei-
; wogegen aber SCHMIDT [1] erinnert, daſs der Satz bloſs
den Fall strenge bewiesen ist, wenn die Entfernungen der
cte gegen die Halbmesser der Kugeln als unendlich groſs
nommen werden. Inzwischen folgerte NEWTON [2] hieraus
die Flächenanziehung, wodurch die Cohäsion bewirkt wer-
, im umgekehrten höheren Verhältnisse, etwa dem kubi-
n oder biquadratischen zunehmen müsse, ein Satz, wel-
n späterhin auch KEIL [3] vertheidigte, indem er annahm,
könne für die Entfernung $= x$ das Gesetz der Cohäsion
ch die Formel $\frac{A}{x^2} + \frac{B}{x^3}$ oder $\frac{A}{x^2} + \frac{B}{x^m}$ ausdrücken.

hrend man sich im Allgemeinen mit dieser Vorstellung be-
gte, oder vielmehr die ganze Frage lange Zeit auf sich beru-
hieſs und die anderweitigen verschiedenen, zur Anziehung
Allgemeinen gehörigen Erscheinungen weiter untersuchte,
laſsten einige nicht erschöpfende Bemerkungen von MUR-
D [4] eine nähere Betrachtung der Frage, ob die Cohäsion
dem Newtonschen Attractionsgesetze erklärt werden könne,
BENZENBERG [5], indem er zeigte, daſs wir die Gröſse der

---

1 a. a. O. p. 284.
2 Princ. Sec. XIII. prop. 85 — 87.
3 Introductio ad veram Physicam et veram Astronomiam Lugd. 1725. p. 626.
4 Gren N. J. IV. 83.
5 G. XVI. 76.

einfachen Bestandtheile der Körper zwar nicht kennei doch so viel durch Erfahrung sicher wissen, dafs die ı derselben weit kleiner sind, als unser Vorstellungsvermi fassen vermag [1]. Obgleich dann die Anziehung dieser ı ellen Puncte oder der aus ihnen zusammengesetzten l selbst in sehr kleinen, aber mefsbaren, Entfernungen merklich ist, so wird sie doch durch stets gröfsere A rung im quadratischen Verhältnisse wachsend zuletzt i endliche zunehmen, und jede mechanische Gewalt weit sich lassen müssen [2], so dafs es hiernach also zur Erk der Cohäsion keiner besonderen Flächenkraft bedürfe.

Mit noch mehrerem Grunde machte ferner J. T. M den gegründeten Einwurf gegen eine *eigenthümliche chenkraft* oder Cohäsionskraft, dafs noch niemand du gend einen Versuch eine solche im umgekehrten kubische höheren Verhältnisse des Abstandes wirkende Kraft nach sen habe, auch nicht wohl begreiflich sey, wie damit (kannte Kraft der Anziehung z. B. der Erde gegen den als im Mittelpuncte dieser Körper vereinigt, verträgli Dagegen sprach Mayer ganz deutlich seine Meinung dal dafs die Erscheinungen der Cohäsion sich füglich auf (gemeine Gesetz der Anziehung im umgekehrten quadra Verhältnisse des Abstandes zurückbringen lassen, und die Richtigkeit dieser Behauptung durch den Calcül. bekannten Abhandlungen über die Capillaranziehung [4] ä auch der grofse Geometer de la Place, dafs die Erschei der Cohäsion sich füglich auf das allgemeine Gesetz der ı tion zurückführen lasse, wenn man die Durchmesser der sten Bestandtheile der Körper gegen ihre Entfernung vo ander bei ihrer nur scheinbaren, aber nicht wirklichen telbaren Berührung in den festen Körpern unendlich kl nähme.

Sowohl die Newtonsche Behauptung, als auch die ent

1 Vergl. *Theilbarkeit*.
2 Vergl. Emmet in Ann. of Phil. XVI. 180 ff.
3 Comm. Soc. Gott. XVI. 52.
4 S. *Capillarität*.

…etzte von La Place werden gründlich geprüft durch G. G. …midt [1], und bei der Wichtigkeit des Gegenstandes möge fol…de kurze Darstellung der hauptsächlichsten Momente zur …hteren Uebersicht des Ganzen dienen. Newton's Behauptung …, dafs man sich die Summe der Anziehungen aller anzie…den Theile eines Körpers, z. B. einer Kugel, gegen einen …rhalb derselben gelegenen Punct im Mittelpuncte der an…nden Kugel vereinigt denken könne, und indem die Sum…aller Anziehungen der Masse der Kugel directe und dem …rate der Entfernung umgekehrt proportional angenommen …d, so folgt, dafs die Anziehung einer Kugel vom Halbmes… = r gegen einen Punct, welcher sich in der Entfernung … von ihrer Oberfläche befindet $= \frac{\frac{4}{3} r^3 \pi}{(r + a)^2}$, gegen einen …t in einer unmittelbaren Berührung mit ihrer Oberfläche … $= \frac{\frac{4}{3} r^3 \pi}{r^2}$ seyn mufs. Beide verhalten sich also wie $\frac{1}{(…+ a)^2} : \frac{1}{r^2}$. Der Beweis ist aber blofs in der Voraussez… geführt, dafs die Anziehung eines verschwindenden Ku…schnittes gegen einen aufserhalb liegenden Punct im Ver…nifs zur Anziehung eines Segments von endlicher Gröfse …dingt verschwinde, welches keineswegs als ausgemacht …nehmen ist, wie folgender Satz, als der einfachste unter … in der Abhandlung erörterten, deutlich zeigt. Es be…hnen AB einen unendlich schmalen Cylinder von gegebener …e, p einen Punct in der verlängerten Axe desselben. Die …rnung des Punctes p sey = 1, ein Element des Cylin… $= e^2dx$ und die veränderliche Entfernung des Punctes … $1 + x$, so ist nach Newton's Gravitationsgesetze die An…ng des Elementes gegen den Punct $p = \frac{e^2dx}{(1 + x)^2}$, und … Summe der Anziehungen aller verschwindenden Elemente, … die Anziehung des ganzen Cylinders =

$$\int \frac{e^2dx}{(1 + x)^2} = - e^2 (1 + x)^{-1} + C.$$

Es mufs aber das

Fig. 42.

[1] Münch. Denksch. a. a. O.

Integral für $x = 0$ verschwinden, und so wird $C = \frac{e^2}{l}$, mithin das vollständige Integral $= \frac{e^2}{l} - \frac{e^2}{l+x} = \frac{e^2 x}{l(l+x)}$. Es ist aber e^2x die Masse des Cylinders, und wenn man d Entfernung seines Mittelpunctes vom gezogenen Puncte = setzt, so ist die Stärke der Attraction $= \frac{e^2x}{z^2}$ mithin $\frac{e^2x}{z^2} = \frac{e^2x}{l(l+x)}$ und hieraus $z = \sqrt{l(l+x)}$. Setzt man l g gegen x verschwindend, so wird $z = 0$ und $\frac{e^2x}{z^2} = \frac{e^2x}{0} =$ oder in Worten ausgedrückt: ein schmaler Cylinder zieht ei seine Grundfläche unmittelbar berührenden Punct mit einer u endlich stärkern Kraft als jeden Punct, der sich in einer end chen Entfernung in seiner Axe befindet. Wenn man auf gl che Weise in der obigen, nach dem Newtonschen Attraction gesetze gebildeten Formel $= \frac{\frac{4}{3} r^3 \pi}{(a+r)^2}$ zuerst r gegen a verschwi dend und a veränderlich setzt, so erhält man $\frac{\frac{4}{3} r^3 \pi}{a^2}$ und für a = oder in unmittelbarer Berührung die Kraft der Anziehung unend lich; welches der Satz des Laplace ist. Aus allen, für verschiede ne Körper nach Art des mitgetheilten geführten Beweisen folg Schmidt:[1] „*daſs die Anziehung zweier sich unmittelbar be* „*rührender Elemente, gegen eine jede Anziehung eines Körper* „*welcher sich in einer endlichen Entfernung von dem gezog* „*nen Elemente befindet, unendlich groſs sey, und daſs dah* „*die Erscheinungen der Cohäsion, als Wirkungen einer Flä* „*chenkraft, unabhängig von den Massenanziehungen der Kö* „*per existiren können, obgleich beide sich auf eine und diese* „*be Grundkraft der Materie, welche in endlichen sowohl a* „*in unendlich kleinen und unendlich groſsen Entfernungen na* „*dem nämlichen Gesetze wirkt, zurückführen lassen.*“ Inde dieser wichtige Satz auf solche Weise präcis ausgedrückt i

---

1 a. a. O. p. 296.

wird zugleich einem sonst leicht möglichen Mifsverständnisse vorgebeugt, welches daraus entstehen könnte, wenn man sich dächte, es müsse sich die Anziehung eines verschwindend kleinen Körpertheilchens zur Anziehung durch die Erde wie die Kuben der Durchmesser beider zu einander verhalten, und könne daher bei ersterem nie anders als unendlich klein im Verhältnifs gegen die Schwere seyn. Man mufs aber vielmehr die Sache so auffassen, dafs die Anziehung jedes einzelnen Elementes gegen jeden Punct in der Berührung unendlich grofs ist, im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernung abnimmt, und dafs somit ein jeder Körper im Wirkungskreise der Schwere, welche als eine im Mittelpuncte der Erde vereinigte Gesammtwirkung aller ihrer Theile angesehen werden darf, sich schon in einer verhältnifsmäfsig unendlichen Entfernung von jedem einzelnen anziehenden Körperelemente, den Durchmesser desselben als Einheit genommen, befinde, und der Körper daher nur durch die unzählbare Menge der ihn in ungleichen Entfernungen sollicitirenden einzelnen Theile der Erde schwer seyn könne. Man könnte sagen, dafs schon Newton[1] diese Meinung angedeutet habe, wenn er von der unendlich grofser Anziehung der kleinsten Körperelemente redet, wodurch gröfsere Körper von stets abnehmender Anziehung entständen.

Es ergiebt sich also aus dem hier Mitgetheilten, dafs die Erscheinungen der Cohäsion sich allerdings auf das Newtonsche Attractionsgesetz zurückführen lassen, und dafs diese Hypothese auch durch den Calcül unterstützt werden kann. Noch weiter, als diese Möglichkeit zu demonstriren, geht J. B. Emmet[2], welcher die bekannten Erfahrungen zum Grunde legt, dafs 1. ebene Flächen an einander hängen, 2. Flüssigkeiten eine ihre Schwere überwindende Adhäsion an feste Körper zeigen; 3. sich berührende Tropfen in einander fliefsen, und 4. Gasarten ihrem spec. Gew. entgegen sich mischen, wonach also das Bestreben ihrer Partikeln hierzu sich auf einen weit über ihren Durchmesser hinausreichenden Raum erstreckt. Hieraus sucht Emmet die Unmöglichkeit einer im umgekehrten kubischen

1 a. a. O.
2 Ann. of Ph. N. S. III. 425.

oder biquadratischen Verhältnisse des Abstandes wirken Kraft zu beweisen. Es sey eine verschwindende Pyramide C A ein Element in A und zwei parallele Flächen K L, G H gleicher, verschwindend kleiner Dicke; so ist die Fläche K G H = A L^2: A H^2. Die Kraft der Anziehung eines Theilchens in L verhält sich zu der Anziehung eines Theilchens in wie A H^3: A L^3. Es folgt also aus der Verbindung di beiden Gleichungen, daſs die Kraft der Anziehung von K L der von G H = A H: A L. Fället man die Perpendikel A L J, H F, D B, und nimmt L J, H F, D B im Verhältniſs Stärke der Anziehung, so ist die Linie B F J M eine Hyper und die Fläche B J L D giebt die Stärke der Anziehung Pyramidenstückes C K L D; die Stärke der Anziehung ganzen Pyramide auf den Punct A ist aber unendlich, weil Fläche B M N A D unendlich ist. Hiernach müſste also Anziehung gegen einen Punct in endlicher Entfernung sich Anziehung eines Punctes in der Berührung wie eine endli Kraft zu einer unendlichen verhalten; und da eine unendli Anziehung in der Natur nicht existirt, so läſst sich eine umgekehrten kubischen Verhältnisse des Abstandes wirke Kraft nicht annehmen. Es ist aber eben das Bestreben Geometer, zu beweisen, daſs die Anziehung in der wirl chen Berührung unendlich werden muſste, wenn es gleich der Natur weder eine wirkliche Berührung der Elementarthe chen (indem diese absolute Dichtigkeit erzeugen würde) n auch eine unendliche Anziehung giebt.

Fig. 43.

Indeſs giebt es zugleich auch nicht unbedeutende Physik welche auf das bestimmteste, und unterstützt durch den Ca cül darzuthun gesucht haben, daſs zur Erklärung der Coh sion eine den Quadraten des Abstandes umgekehrt proportion Anziehung der Körperelemente unzureichend sey, und m daher zu einer in höheren Potenzen wachsenden seine Z flucht nehmen müsse. Auſser denen, welche im Artik *Anziehung* schon erwähnt sind, gehört hierhin auch Belli welcher auſser dem allgemeinen Gesetze der *Massenanziehu*

1 Brugnatelli G. VII. 169.

ein besonderes der *moleculären Anziehung* anneh- zu müssen glaubt, und namentlich in Beziehung auf die sion durch den Calcül zu beweisen sucht, daſs weder das einer im umgekehrten quadratischen, noch kubischen, auch nach biquadratischem Verhältnisse der Entfernung senden Kraft zur Erklärung der Phänomene passe, son- daſs eine noch höhere n^{te} Potenz anzunehmen sey, wel- indeſs unbestimmt gelassen hat. Eine sehr gehaltreiche suchung über die Anziehung der Fläche hat Mollweide [1] fert, und entscheidet hiernach für eine im umgekehrten kubi- Verhältnisse des Abstandes zunehmende Kraft als Ur- der Cohäsion. Eine gleiche Behauptung hat noch neuer- J. F. Fries [2] aufgestellt, und allerdings mit triftigen den durch den Calcül unterstützt.

Es lieſse sich die Reihe der auf diese Weise einander ent- stehenden Autoritäten noch vermehren, wenn man hoffen te, hierdurch zu einem endlichen genügenden Resultate zu gen. Auffallen muſs es aber, daſs dieſser Gegenstand so fach mit so groſsem Scharfsinn und einem so bedeutenden wande des höheren Calcüls untersucht ist, ohne bis jetzt vollständigen Entscheidung gebracht zu seyn. Eine gründ- Revision aller darüber vorhandenen Berechnungen würde kaum zu überwindende Schwierigkeiten verwickeln, und auf allen Fall nicht am rechten Orte seyn. Betrachtet man die Sache im Allgemeinen, so scheint als Resultat der hiedenen Versuche stets das Bestreben hervorzugehen, für ziehung in der Berührung eine unendliche Wirkung auf- ken, welche indeſs in der Erfahrung selbst nirgend gege- ird, und auch nicht verlangt werden kann. Dabei kommt uſserdem stets auf eine *unmittelbare* Berührung der ange- n Theile zurück, welche aus später zu würdigenden Grün- eichfalls nicht statt findet. Entfernt man sich indeſs von raussetzung einer unmittelbaren Berührung, so müſste dliche Gröſse der Entfernung zur Begründung genauer

---

[1] Mon. Cor. XXVII. 26. Vergl. XXVI. 602.

[2] Die mathematische Naturphilosophie, nach philos. Methode et. Heidelb. 1822. p. 476.

Resultate scharf bestimmt seyn, und dennoch sind die Abstä
worin die genäherten Körper eine Flächenanziehung äuſs
so verschwindend klein, daſs eine genaue Messung dersel
unmöglich wird, mithin giebt die Erfahrung diejenigen T
sachen gar nicht an, auf welche man fuſsen müſste, um
genaues Gesetz zu erhalten. Wollte man annehmen, daſs di
die Gröſse der Ausdehnung, welche ein gegebener Kö
durch die Wärme erleidet, zugleich der wachsende Abstand
ner Bestandtheile gegeben würde, dann die in höheren T
peraturen abnehmende Cohäsion messen, um hieraus das
setz der mit dem Abstande der Bestandtheile von einander
nehmenden Anziehung aufzufinden, so zeigt die Erfahr
wie abhängig von anderweitigen Bedingungen, und somit
sicher, die Resultate solcher Versuche sind, und daſs d
wenig Hoffnung vorhanden ist, auf diesem Wege die Frag
beantworten. Man kann daher mit Grunde annehmen,
das Gesetz der Cohäsion deswegen noch nicht völlig sicher
gefunden ist, weil die Erscheinungen selbst nicht in derjeni
Ausdehnung und auf eine gleiche Weise messbar gegeben
als diejenigen, worauf Newton sein Attractionsgesetz grün
té. Hierzu kommt denn ferner noch der Umstand, daſs es
eigentlich darum handelt, Gesetze und Erscheinungen zu er
schen, welche sich auf die unmeſsbar kleinen Bestandtheile
Körper beziehen, deren Gröſse und eigentliche Beschaffe
uns gleichfalls bis jetzt noch völlig unbekannt sind.

Die Schwierigkeiten einer genügenden Erklärung die
Phänomene wachsen endlich durch folgende sehr nahe liege
Betrachtungen. Angenommen es existirte eine in irgend ei
Verhältnisse des Abstandes abnehmende anziehende Kraft,
Ursache der Cohäsion, wie geht es zu, daſs nicht alle zu
serm Planeten gehörigen Körperelemente endlich mit ein
zur unmittelbaren Berührung kommen, und hiernach un
lich fest cohäriren? Denn wie auch immer das Verhältniſs
Abstandes seyn mag, so wird allezeit, wenn x die Stärke
Cohäsion, k die sie erzeugende Kraft und a den Abstand b
zeichnet, nach der Formel $x = \frac{k}{a^n}$ für ein verschwinden
a oder die unmittelbare Berührung $x = \infty$ werden. Man ka

einwenden, dafs dieses auch bei den Planeten als Folge
Anziehung statt finden müfste, denn bei diesen ist eine An-
ung durch ihre stete Bewegung unmöglich. Die Anhän-
Kantischen Dynamik glaubten die Sache durch den
ct der beiden, einander entgegenwirkenden Kräfte, näm-
der *Dehnkraft* und *Ziehkraft* erklären zu können,
bei verschiedenen Körpern und unter den modificiren-
dingungen verschieden die ungleichen Aeufserungen der Co-
bewirken sollten. Allein einestheils ist die Annahme einer
raft, als absolut zurückstofsender Potenz blofs hypothe-
nderntheils wird durch die Annahme derselben die Schwie-
keineswegs beseitigt. Insofern nämlich *Dehnkraft*
iehkraft einander entgegengesetzt sind, müssen sie ein-
um gleiche Gröfsen aufheben, und es wird daher nur
raft, als die Differenz beider, übrig bleiben, welche,
der angegebenen Gesetze folgend, allezeit auf die nämli-
esultate führt. Wollte man in den blofs hypothetischen
etzungen noch weiter gehen, so liefse sich annehmen,
wei Kräfte, eine anziehende und eine abstofsende, in un-
n Verhältnissen des Abstandes wirksam wären. Wir
Beispielsweise einmal voraussetzen, dafs die Cohäsion
rch eine ursprüngliche Ziehkraft $= k$ und eine ursprüng-
Dehnkraft $= d$ erzeugt würde, wovon die erstere im um-
rten quadratischen, die zweite im umgekehrten kubischen
tnisse des Abstandes $= a$ wirksam seyn möge: so würde
$\frac{k}{a^2} - \frac{d}{a^3} = \frac{k\,a - d}{a^3}$ für die Berührung negativ wer-
oder aber es fände in unmittelbarer Berührung gar keine
ung statt; bei der Voraussetzung aber, dafs k beträcht-
öfser wäre als d, würde sie in geringer Entfernung ihr
um erreichen, bei gröfserer aber die Abstofsung als un-
h vernachlässigt werden können, was sich mit den Be-
ungen wohl vereinigen liefse. Minder wäre dieses der
wenn man dafs Verhältnifs der Wirksamkeit beider Kräf-

S. *Abstofsung*.

te umgekehrt annehmen wollte, in welchem Falle $k' = \frac{k - i}{a^3}$ in der Berührung unendlich werden müfste [1].

So wenig befriedigend es auch ist, sich im Kreise die blofsen Hypothesen umherzutreiben, so mufs doch noch d[ie-] jenige erwähnt werden, welche den meisten Beifall findet [und] auch wohl ohne Zweifel verdient. Viele hegen nämlich [die] Meinung, namentlich La Place [2], Biot [3] u. a., dafs die W[är-] me das der Anziehung entgegenwirkende Princip sey, wel[ches] als solches, verhindere, dafs die Cohäsion nie unendlich [gro-] werden könne. Diese Ansicht findet schon darin eine vor[züg-] liche Unterstützung, dafs die Ausdehnung fast aller Kö[rper] durch Wärme und ihre Zusammenziehung durch Wegnahme [der-] selben mit einer der Stärke der Cohäsion selbst nahe glei[chen] Kraft geschieht, so dafs also hier der Conflict zweier, ein[an-] der mit nahe unendlicher Kraft entgegenwirkender Poten[zen] angetroffen würde. Man könnte hierbei zugleich annehm[en,] die Materialität der Wärme (des Wärmestoffes) vorausgeset[zt,] dafs dieselbe dem allgemeinen Gesetze der Anziehung folge, [mit] einigen Substanzen mehr, mit andern weniger verwandt [sey] und dadurch eine ungleiche Cohäsion bewirke [4], auch läfst sich denken, dafs die ersten Antheile der Wärme zwar leic[ht] z. B. durch Anziehung anderer Körper gegen sie durch die ve[r-] schiedenen Mittel des Erkaltens und selbst durch mechani[sche] Zusammendrückung der Körper entfernt werden könnten, [die] letzten aber ihrer Wegschaffung ein unübersteigliches Hind[er-] nifs wegen ihrer gröfseren Adhäsion entgegensetzten [5]. Woll[te] man ferner die Adhäsion der Wärme mit den Molecülen d[er]

---

1 Die mir noch nicht vollständig bekannten Ansichten Se[...] bei G. LXXVI. 229 ff. werden an einem andern Orte berücksicht[igt] werden. Vorläufig verdient es eine Anzeige, dafs auch dieser anziehe[n-] de und abstofsende Kräfte annimmt, deren Intensität nach der Entf[er-] nungen der Elementartheilchen der Körper veränderlich seyn, und [aus] deren Conflicte ein *stabiles Gleichgewicht* derselben hervorgehen sol[l.]

2 Ann. de Chim. XXI. 22. Vergl. *Festigkeit*.

3 Traité. I. 5.

4 Emmett in Ann. of Phil. XVI. 351.

5 Vergl J. T. Mayer bei Gren *VII*. 218.

ger wegen unmittelbarer Berührung beider als unendlich ansehen, so könnte keine *absolute Dichtigkeit* und somit *unendliche Cohäsion* statt finden, aufser beim absoluten puncte der Temperatur, indem in allen übrigen Fällen die sende Attraction mit der gleichfalls, und zwar in einem rn Verhältnisse wachsenden Repulsion der Wärme, deren fsende Kraft indefs erst bei sehr grofser Näherung der cülen anfangend zu denken wäre, ins Gleichgewicht kom- würde. Die ungleiche Stärke der Cohäsion verschiedener r müfste dann als Folge einer ungleichen Anziehung ih- Moleculen, oder einer verschiedenen Affinität derselben Wärmestoffe angesehen werden, wenn man sie nicht mit LACE [1] für eine Folge der verschiedenen Form der Atome will, welche nach der Lage ihrer Axen nach der einen stärker als nach der andern anziehen sollen. Auf allen t das ganze Problem in naher Uebereinstimmung mit den ten Erscheinungen der chemischen Verwandtschaft und echanischen Adhäsion, welche durch die Zwischenkunft er Substanzen geschwächt oder scheinbar aufgehoben n.

Wenn gleich dieser Ansicht eine gewisse innere Consequenz abzusprechen ist, so bleibt sie doch blofs Hypothese, und sie für etwas anders gehalten werden, auch stehen ihr che Schwierigkeiten entgegen, insbesondere wenn man den Wärme hiernach beigelegten Charakter einer Repulsion genau bestimmt zu ergründen sucht [2]. Einige Einwürfe dagegen las- sich indefs durch gewisse anderweitige Voraussetzungen ziem- licht beseitigen. Dahin gehört, was AVOGRADO auffallend fin- dafs die Atome einiger Körper, z. B. des Wassers im Eise, weiter einander abstehen, und doch gröfsere Cohäsion zeigen. Er t dieses indefs mit WOLLASTON und AMPÈRE daraus, dafs die ate (molecules totales) des Wassers zwar weiter abstehen, dividuellen Eismolecüle (molecules partielles) aber ein- näher seyn sollen [3]. Für weit weniger gezwungen, als

1 G. XXXIII. 134.
2 S. *Abstofsung.*
3 Brugnatelli G. Dec. II. I. 375.

diese Erklärung ist, darf man diejenige eines andern Phä
mens ansehen, nämlich wie es zugehe, dafs nach der Zer
fsung eines Körpers die wieder genäherten Theile nur ei
geringen Zusammenhang zeigen. Man mufs nämlich annehm
dafs eben durch das Zerreisen die einzelnen Theile in eine
Wirkung der Anziehung minder günstige Lage kommen, u
somit bei der Näherung der getrennten Theile nur wenige d
selben wieder zu derjenigen nahen Berührung gebracht wer
können, welche zur Aeufserung der Cohäsion erforderlich
indem nach RUMFORD [1] die einzelnen Elemente nicht *gleich
tig*, sondern *nacheinander* über die Grenze ihrer Cohäsion h
ausgerückt werden, und dadurch aus ihrer, der Attract
günstigen Lage kommen. Es würden ferner so genannte ga
ebene Platten im Verhältnifs zu der Nähe, in welche ihre ei
zelnen Theile zur Erzeugung der Cohäsion kommen müfste
aus beträchtlichen Erhabenheiten und Vertiefungen beste
gedacht werden, wie mikroskopische Beobachtungen di
bestätigen. Endlich ist auch noch der Einflufs der Luft zu
rücksichtigen, deren Elemente sogleich mit den getrenn
Oberflächen zerrissener Körper in unmittelbare Berührung k
men, und die Wiedervereinigung derselben unmöglich mac
Werden aber die Körper flüssig, so können ihre Element
Folge ihrer leichten Beweglickeit eine solche Lage anneh
vermöge welcher sie die stärste Anziehung gegen einander
üben, und dann nach gröfserer, durch Entfernung der Wär
möglich gemachter, Annäherung Cohäsion zeigen.

Um das eigentliche Wesen und die Grundgesetze der Coh
sion aufzufinden, hat man in neueren Zeiten nur wenige V
suche angestellt, und dieses wahrscheinlich wohl deswe
weil solche äufserst schwierig sind, und dennoch kein genüg
des Endresultat weder versprechen noch gewähren. Auf
demjenigen, was hierüber schon unter den verwandten A
keln *Abstofsung*, *Adhäsion* und *Anziehung* beigebr
ist, und noch unter *Materie* erwähnt werden wird, je na
dem es mehr oder minder unter die eine oder die andere
diesen Untersuchungen gehört, verdient noch folgendes als

[1] G. XIII. 389.

e erläuternd, beachtet zu werden. Dafs überhaupt zwi-
n den festen Körpern eine auf Cohäsion hindeutende Anzie-
g statt finde, welche sich bei den sogenannten *Cohäsions-
ten* auch ohne bindendes Zwischenmittel selbst im luft-
n Raume zeigt, ist schon unter dem Artikel *Adhäsion* [1]
ihnt. Nicht minder verdient bei diesen Untersuchungen
nige berücksichtigt zu werden, was Robison [2] aus den
einungen folgert, welche zwei zur Erzeugung der New-
chen Farbenringe auf einander gedrückte Glasscheiben dar-
n, dafs sie nämlich zwar zusammenhängen, zugleich aber
selbst im luftleeren Raume einen bedeutenden Druck er-
rn, um in eine zur Erzeugung des schwarzen Flecks nö-
nahe Berührung zu kommen, woraus er schliefst, dafs
ehr geringen Entfernungen der Körper von einander ein
hsel von Anziehung und Abstofsung anzunehmen
Huygens stellte auch den Versuch an, dafs er zwei sehr
Glasplatten nahm, die obere mit einer Handhabe versah,
ie untere einen Kreis von einem einfachen Seidencocon-
legte, und die obere darauf drückte. Hierbei waren
eide erwiesen nicht in unmittelbarer Berührung, dennoch
wirkte ihre Anziehung so stark, dafs die obere die untere
b. Legte er indefs über den Kreis des Coconfadens noch
reuz von der nämlichen Substanz, so hörte die Anziehung
eit auf, dafs die untere nicht mehr aufgehoben werden
e. Robison [3] will diese Versuche mit der gröfsten Sorg-
iederholt, und die hierbei wirksame Anziehung 14,5 mal
k als die Schwere gefunden haben. Er bediente sich der
ndon von den besten Künstlern verfertigten Gläser zu
sextanten, und fand den kleinsten Durchmesser der hier-
rauchten, allezeit nicht runden, sondern platten Cocon-
= $\frac{1}{2400}$stel eines engl. Zolles, so dafs also bei einer dop-
grofsen Entfernung, als diese Gröfse beträgt, die Anzie-
er Cohäsion unmerklich wird. Reibt man die Gläser
inander, so werden kleine Partikelchen losgeschabt,
hinreichen, die Adhäsion aufzuheben. Aeufsert sich

Th. I. p. 173.
Ebend. p. 122.
Syst. of Mech. Phil. I. 241.

indefs die Anziehung ebener Flächen noch in der angeg nen Entfernung, so kann man sich vorstellen, wie stark Cohäsion bei noch gröfserer Näherung werden mufs, da Robison die Dicke einer dünnen Vergoldung nicht als ein Vierzehnmilliontheil eines Zolles beträgt. Dafs zwischen jener Entfernung und dieser nochmals ein oder leicht mehrere *Wechsel der Abstofsung und Anzieh* mindestens bei den verschiedenen Substanzen liegen m liefse sich daraus folgern, dafs Glasplatten mehr als 100 Druck auf eine Fläche von einem Zoll bedürfen, um so genähert zu werden, dafs sie einen schwarzen Fleck bi wobei sie einander auf $\frac{1}{178000}$stel eines engl. Zolles nahe k men [1]. Robison setzt diese Erscheinungen auch damit in bindung, dafs feste Körper, ohngeachtet der Anziehung Theile als Ursache der Cohäsion, durch grofse Lasten schwert, an Volumen vermindert werden, sich aber w ausdehnen, wenn die zusammendrückende Last weggenon wird, wodurch sich also eine ausdehnende Kraft wir zeigt [2].

So schätzbar alle diese angeführten Bemühungen seyn gen, und so wenig man es den Naturforschern verargen wenn sie auf die wenigen bekannten Erfahrungen Hypotl zur Erklärung dieser höchst dunkeln Naturerscheinunge zur Auffindung ihrer Gesetze gründen, so zeigt doch ein bersicht des Ganzen, dafs genau genommen noch wenig a klärt ist, und dafs wir noch weit davon entfernt sind, di gentliche Ursache der Anziehung und ihrer verschiedene dificationen als Gravitation, Schwere, Adhäsion, Coh und vielleicht auch der chemischen Verwandtschaft bereit gefunden zu haben.

---

1 Diese Gröfse, welche Newton aus seinen Versuchen zur I gung der Farbenringe berechnete, wird durch die eben anges Betrachtungen schwankend, indem es danach überhaupt zwei ist, ob die Erzeugung des schwarzen Flecks eine unmittelbare nahe Berührung erfordert, und diese wegen der nach Robison gerten Abstofsung überhaupt möglich ist. Vergl. *Anwandlunge Farbenringe.*

2 Vergl. Ebend. I. 383. ff.

II. Praktische Untersuchungen.

Wenn man von der eigentlichen Ursache der Cohäsion abstrahirt, und die Erscheinung als eine durch Erfahrung gegebene nimmt, so würde es, auch aus diesem Standpuncte die Sache betrachtet, interessant seyn, ein allgemeines Gesetz über die Stärke des Zusammenhanges der verschiedenen Körper aufzufinden, welches aber bis jetzt noch nicht gelungen ist. [illegible][1] stellte als solches auf, dafs die Cohäsion der Körper bei einer gegebenen Temperatur sich verhalte wie die Producte aus ihren Wärmecapacitäten in die Grade ihrer Schmelzpuncte, beides an dem nämlichen Thermometer gemessen, fand auch dasselbe für Gold, Silber und Kupfer sehr nahe zutreffend, für Eisen aber bedeutend abweichend. Wenn man aber berücksichtigt, wie schwer bestimmbar die Stärke der Cohäsion ist, auch weit mehr aber der Schmelzpunct der strengflüssigen Metalle, und dafs endlich dieses Gesetz überhaupt nur auf Metalle angewandt werden könnte, so ist begreiflich, warum man dasselbe nicht weiter geprüft hat. Auch der Dichtigkeit der Körper kann die Stärke der Cohäsion nicht proportional gesetzt werden, wie man aus theoretischen Gründen zu folgern geneigt seyn könnte. Man mufs diesemnach annehmen, dafs die Bestandtheile der Körper sich nicht bei allen in einer ihrer Dichtigkeit proportionalen Nähe zu einander befinden, sondern dafs *die* festen Körper gleichsam aus einzelnen vereinigten Bündeln bestehen, und dafs ihre Cohäsion nicht sowohl auf der Menge der beim mechanischen Zerrissenwerden in Conflict kommenden Molecülen, als vielmehr auf der Stärke des Zusammenhanges derselben in den einzelnen Bündeln beruhe, woraus man sich den Körper gebildet vorstellen kann[2].

Die Stärke der Cohäsion wird im Allgemeinen durch *Wärme* vermindert, und wenn die Temperatur einen bedeutenden Grad erreicht, wird sie beim Schmelzen und Verflüchtigen der Körper zuletzt ganz aufgehoben. Indefs werden manche, namentlich Metalle, durch Kälte spröder und dadurch

1 G. IV. 1.

2 Vergl. Rumford bei G. XIII. 391.

weniger cohärent, z. B. Zink und Eisen. Die Ursache in ihrem krystallinischen Gefüge zu liegen, vermöge die Bestandtheile bei gröſserer Zusammenziehung durc sich nicht gehörig neben einander lagern können, viel eine Art Spannung gerathen. Daher pflegen die Fuhrleu kalten Nächten gegen die eisernen Achsen der Wagen male zu schlagen, um die Zusammenziehung derselbe mäſsiger zu machen, und die Sprödigkeit zu vermi Man hat ferner behauptet, alle *Mischungen* zeigten Cohäsion als die einfachen in der Mischung verbunden per [2]. Bei einigen Metallen findet sich dieses allerd stätigt, allein als allgemeine Regel kann der Satz nich stellt werden, indem in manchen Fällen die einfachen in andern aber ihre Verbindungen eine gröſsere Stärke häsion zeigen, wie aus Achard's [3], Musschenbroek's Versuchen folgt. Bei *Hölzern* geben weder die äuſser der Baumstämme, noch auch die innersten diejenige welche die stärkste Cohäsion zeigen, sondern diese l der Mitte zwischen beiden; auch sollen in Europa di Theile die gröſste Stärke der Cohäsion zeigen, welche me selbst nach S. O. gerichtet waren. Es ist dieses we ter glaublich, als daſs Steine dann die gröſste Tragkra sollen, wenn sie in derjenigen Lage nach den Welt gerichtet sind, welche sie früher in ihrer Lagerstätte

1. Absolute Festigkeit der Körp

Man bezeichnet mit absoluter Festigkeit der Kö jenige Stärke der Cohäsion, mit welcher sie einer K derstand leisten, die sie in der Richtung ihrer Axe zu strebt. Versuche zur Auffindung derselben erforde Apparate, sind aber übrigens nicht schwierig. Man nämlich Körper, welche in einer gewissen gleich

---

1 Schweigg. J. XXXIII. 484.
2 Robison System of Mech. Phil. I. 399.
3 Traité sur les Propriétés des alliages metalliques, à Ber
4 Introd. I. 419.
5 Young Lectures. I. 152.

…lich gleich dick sind, an beiden Enden aber etwas dicker, …igt sie selbst oben auf eine geeignete Weise an einen star… Träger und hängt an ihr unteres Ende eine Waagschale, …e man so lange mit Gewichten beschwert, bis sie zerrei…, wobei dieses Gewicht als das Maſs ihrer Stärke ange… wird. Weil aber das Auflegen oer vielen Gewichtstücke …m ist und auch eine sehr groſse Menge derselben erfordert, so …t man sich lieber der Schnellwaage von derjenigen Ein…g, wie diese durch EYTELWEIN zur Prüfung der Festig… …rschiedener Holzarten gebraucht wurde, und aus der …n Zeichnung leicht erkannt werden kann. Die zum Zer… bestimmten, an ihren Enden etwas dickeren, Holz… a nämlich wurden durch zwei aufgeschobene Halter a, a …alten, diese durch die Zangen der Ketten gepackt, und …gaben die Zahlen des Waagebalkens die Pfunde an, wo… …s in der Mitte, als ihrem schwächsten Theile, zerrissen …n.

Fig. 44.

…s giebt eine Menge Versuche, welche in den älteren und …n, bis auf die neuesten Zeiten angestellt sind, um die …te Festigkeit der verschiedenen Körper aufzufinden. Unter …orzüglichern gehören die von DE LANIS [1], nach welchem …talle in folgender Ordnung abnehmende Festigkeit zeigen: …, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Zinn, Blei. Die meisten …che, welche auch bis auf die neuesten Zeiten im vorzüglich… Ansehen standen, hat MUSSCHENBROEK [2] angestellt; und sie …n allerdings auf einen hohen Grad der Genauigkeit An…h machen, wenn gleich die Resultate weder unter sich mit andern vollkommen übereinstimmen, indem sich die…s anderweitigen, nachher zu erörternden Nebenumständen …t erklären läſst. Eine Reihe von Versuchen verdankt man Grafen v. SICKINGEN [3], welche er mit 2 F. langen und 0, 3 dicken Drähten anstellte. Diese rissen durch folgende …hte:

1 P. Franc. Tertii de Lanis Magisterium naturae et artis. Brixiae … fol. II. L. XI. cap. 1. §. 22.
2 Dissert. physical et geom. Viennae 1756. Ej. Inst. phys. p. 293. …d. I. 390.
3 Versuche über die Platina Manh. 1782. p. 114.

Eisen, sehr sprödes durch	60 ℔.	24 Loth	0 Qt.	8 Gr.
— wenig sprödes —	39 —	12 —	—	47 —
Messing — — —	40 —	30 —	3 —	14 —
Kupfer — — —	33 —	2 —	0 —	4 —
Platin — — —	28 —	15 —	0 —	5 —
Silber — — —	20 —	22 —	1 —	43 —
Gold — — —	16 —	12 —	0 —	43 —

Auf grofse Sorgfalt machen auch diejenigen Versuche spruch, welche GUYTON DE MORVEAU [1] angestellt hat. I dieser ersten Reihe wurden zum Zerreisen von Drähten, we 0,887 par. Lin. dick waren, an Gewicht erfordert, bei

Eisen — — —	510,2 par. ℔.	Gold — —	139,8 par
Kupfer — —	280,7 — —	Zink — —	101,7 —
Platin — —	254,7 — —	Zinn — —	32,1 —
Silber — —	173,8 — —	Blei — —	11,5 —

Später erhielt ebenderselbe [2] zwar die nämlichen Reihenf der Metalle rücksichtlich ihrer Cohäsion, indefs doch ei Abweichung in den einzelnen gefundenen Gröfsen. Sta von 2^{mm} im Durchmesser rissen nämlich durch folgende wichte in Kilogrammen.

Eisen — —	249,659 K.	Gold — —	68,216 K.
Kupfer —	137,399 —	Zink — —	49,790 —
Platin —	124,690 —	Zinn — —	15,740 —
Silber —	85,062 —		

Blei, nach der Dimension beim Zerreifsen — 12,555 K.
Blei, absolute Tragkraft — — — — — 5,623 —

EYTELWEIN [3] hat nicht blofs die Resultate früherer Versuch grofser Vollständigkeit zusammengestellt, sondern auch du eigene bereichert, deren einige später noch besonders erwä

---

1 Mém. del' Inst. IX. 267. G. XXXIV. 209. Ann. de Ch. X Scherer Allg. J. d. Chem. I. 676.

2 Ann. de Chim. LXXI. 194. G. XXXIV. 209. Diese Vers stehen im Frankreich am meisten in Ansehn.

3 Handbuch der Statik fester Körper mit vorzüglicher Rück auf ihre Anwendung in der Architectur. 3 Bde. Berl. 1808. Eine vollständige Uebersicht der älteren Versuche giebt gleichfalls die E burgh Encyclopaedia. V. p. 494. ff.

n sollen. Viele Versuche haben ferner Telford [1] und
old [2] angestellt; vorzüglich auch G. Rennie mit einem
beschriebenen, und allem Anschein nach sehr zweck-
gen Apparate [3]. Einige der durch ihn erhaltenen Resul-
ind folgende. Es rissen Stäbe von 0,25 engl. Quad. Zoll
chnitt bei 6 Z. Länge durch Pfunde in avoir du poid
ht:

Gegossenes Eisen	1193	℔
Gufsstahl	8391	—
Gehämmerter Stahl (Blister)	8322	—
desgl. (Sheer)	7977	—
Schwedisches Eisen, gehäm.	4504	—
Englisches Eisen, gehäm.	3492	—
Speismetall	2273	—
Geschlagenes Kupfer	2212	—
Gegossenes Kupfer	1192	—
Feines Messing	1123	—
Gegossenes Zinn	296	—
Gegossenes Blei	114	—

ge eigene Versuche, Benutzung fremder, berechnete Tabel-
und eine sehr vollständige Uebersicht der Cohäsionserschei-
gen, mit hauptsächlicher Rücksicht auf die Stärke des Gufs-
ns unter den verschiedensten Bedingungen, hat ganz neuer-
gs Tredgold in einem lehrreichen Werke zusammengestellt,
ches in England sehr allgemein bei praktischen Anwendun-
benutzt wird [4].

Es ist sehr schwierig, aus Versuchen, wenn sie auch noch
orgfältig angestellt wurden, für die Anwendung brauchba-

---

1 Barlow Essay on the Strength and Stress of Timber. Lond.
. Daraus in Jahrb. des polyt. Inst. in Wien. V. 215.

2 Elementary Principles of Carpentry. Lond. 1810. neueste Ausg.
d. 1820. 8.

3 Phil. Tr. 1818. p. 118. Vergl. Ann. de Ch. et P. IX. 33, wo
ersuche, jedoch ohne irgend einen Grund dieser Behauptung anzu-
, minder zweckmäfsig genannt werden.

4 Practical Essay on the Strength of cast Iron and other metals
y Thomas Tredgold. Lond. 1824. 8. Dieses Werk ist gemeint,
schlechtweg Tredgold angeführt wird.

re Resultate zu erhalten, weil die angewandten Stoffe in viel
cher Rücksicht sehr von einander abweichen. Namentlich
Metallen machen ihre Reinheit überhaupt und ihr Freiseyn
kleinen Partikelchen Oxyds insbesondere, der höhere oder
ringere Hitzegrad, wobei sie geschmolzen sind, die Schnell
keit und Art des Erkaltens, das Hämmern, Drahtziehen,
ausgegangenes öfteres Glühen und sonstige Bedingungen
grofsen Unterschied, und alle Resultate aus solchen Versu
können daher nur als genäherte Werthe betrachtet werden.
hat dieses lange im Allgemeinen gewufst [1], oft aber auc
Einzelnen erfahren, z. B. bei den Versuchen mit verschied
Arten Eisen [2], indem unter andern Eytelwein [3] fand,
zwei gleiche eiserne Stangen durch 21160 und 17560 ℔,
zwei andere abermals anscheinend vollkommen gleiche du
2600 und 1780 ℔ rissen. Man mufs ferner zwar im All
meinen annehmen, dafs der Zusammenhang gleichartiger K
per von ungleicher Dicke im geraden Verhältnisse der Qu
schnitte wächst [4], und würde ohne diese Voraussetzung
nicht im Stande seyn, von einem Versuche mit einem Kör
von gegebenem Durchmesser auf einen gleichartigen and
von verschiedenem Durchmesser zu schliefsen. Allein sc
Rumford [5] hat eingesehen, dafs ein solcher Schlufs durc
nicht genügend begründet sey, indem er sogar auch der
schiedenen Form der Körper einen Einflufs beilegt. Nach P
rot [6] rifs ein Eisendraht von 1 Quad. Lin. Queerschnitt d
490 ℔, ein anderer aus dem nämlichen Metall verfertigt,
350 Quad. Lin. aber durch 17300 ℔, anstatt dafs er erst du
171500 ℔ hätte reifsen müssen. Noch genauer wurde di
Wahrheit begründet durch diejenigen Versuche, welche
Construction der Drahtbrücken veranlafste. Die Kön. Akad
in Paris ernannte nämlich zur Untersuchung der Sache e

1 Robison Syst. I. 397.
2 Ann. of Phil. VII. 321.
3 Handb. d. Stat. II. 248.
4 Vergl. Robison Syst. I. 395. Tredgold p. 117. u. v. a.
5 G. XIII. 390.
6 Theor. Phys. I. 50. Vergl. Guyton de Morveau in Mém. de l
Inst. IX. 268.

mission aus PRONY, FRESNEL, MOLARD und GIRARD beste-
hend, welche durch Versuche fanden, dafs
Stangen von 0,0045 bis 0,0315 Met. Dicke auf 1 Millim. 40 Kilogr.
— — 0,0315 — 0,2700 — — — — — 21 —
— — 0,00025 — 0,0060 — — — — — 60 —
Eisendraht von 24 bis 25 mal dünner — — 80 —
gen, wobei noch aufserdem in Betrachtung kommt, dafs ge-
zogener Draht eine bedeutend gröfsere Cohäsion zeigt, als ge-
wöhnlich bearbeitetes Metall, und an Stärke verhältnifsmäfsig
verliert, wenn die äufsere Oberfläche weggeschabt oder
...t ist, indem die Appretirung (*corroyage*) und das Ziehen
...lben gleichsam eine Art Epidermis bildet, welche stärker
als das Innere, und bei dünnen Drähten mehr beträgt, als
dicken [1]; oder wie ROBISON [2] meint, weil die Bestandtheile
andere Lage gegen einander bekommen, indem die Körper
überhaupt dichter werden, mit Ausnahme des Bleies, welches durch
Procefs des Drahtziehens lockerer werden, zugleichs aber seine
...sion um das Dreifache wachsen soll. (?) Bei Gold, Silber
Messing wird nach eben diesem Schriftsteller die Cohäsion
durch das Drahtziehen verdreifacht, bei Kupfer und Eisen mehr
verdoppelt. Der nämliche Gegenstand, nämlich die Con-
struction der Drahtbrücken hat aufserdem noch zwei Reihen
Versuchen veranlafst, um die Stärke der verschiedenen
...hte auszumitteln. SEGUIN zu Annonay nämlich fand als
...ptresultat aus einer grofsen Reihe von Versuchen mit ver-
schiedenen Sorten Eisendraht, dafs im Allgemeinen die feineren
...hte verhältnifsmäfsig die gröfste Stärke besitzen. Die von
... versuchten Drähte von N^ro^. 1 bis 23, welche von 0,6188
... 5,942 Millim. im Durchmesser hielten, zeigten für einen
Durchmesser von 1^{mm} eine Cohäsion von 86,98 bis 49,32 Ki-
logramm [3]. Noch bedeutender sind diejenigen Versuche, wel-
che DUFOUR gleichfalls mit verschiedenen Sorten Eisendraht an-
stellte. Hierbei fand er, dafs diejenige Sorte, deren Durch-
messer 0,85 Millim. betrug, im Mittel durch ein Gewicht von

1 Moniteur. 1824. N^ro^. 35.
2 Syst. of Mech. Phil. I. 397.
3 Ann. de C. et P. XXV. 110.

46 bis 48 Kilogramm zerrissen wurde. Um zugleich den Einfluſs der Temperatur zu prüfen, lieſs er den zu untersuchenden Draht durch eine kaltmachende Mischung von — 22°,5 C. und durch Wasser von 92,5 C. Wärme gehen, und fand, daſs beide Temperaturen keinen Einfluſs auf die Stärke der Cohäsion hatten, ausgeglüheter Draht aber verlor die Hälfte seiner Tenacität [1]. Die letztere Behauptung steht im Einklange mit demjenigen, was so eben aus Robison angeführt ist, die erstere aber minder im Widerspruche mit der allgemein angenommenen grösseren Sprödigkeit des Eisens bei niederer Temperatur, insofern ohne Verminderung der Cohäsion ein spröderer, und daher weniger biegsamer Körper leichter abspringen kann, als mehr mit der auf die vielfachsten Versuche gestützten Behauptung Tredgold's [2], daſs alle Metalle durch Wärme an Cohäsion abnehmen. Namentlich ergab ein mit Eisen angestellter Versuch, daſs eine Temperaturerhöhung von 84°,45 C. eine Verminderung der gesammten Cohäsion von 0,05 bewirkte. Im Einzelnen erhielt Dufour aus seinen Versuchen folgende Resultate. Feinster Eisendraht N^ro^. 4, von 0,85 Millim. Durchmesser trug 48 Kilogr., ausgeglühet 21 K. Draht N^ro^. 13 von Millim. Durchmesser trug im Mittel 186 K. ausgeglühet 10 und war also verhältniſsmäſsig $\frac{1}{7}$ schwächer. Draht von N^ro^. fast 3 Millim. im Durchmesser trug 382 K., ausgeglühet halbsoviel, von N^ro^. 19 aber, 3,7 Millim. im Durchmesser, gegen 776 K., ausgeglühet 403. Man darf also annehmen, Draht von 1 bis 4 Millim. im Durchmesser auf ein Quadratmeter der Durchschnittsfläche mindestens 60 K. zu tragen mag, statt daſs geschmiedete Eiſenstäbe nur 40 K. tragen. Messingdraht will derselbe noch etwas stärker gefunden haben, welches gleichfalls allen anderen Versuchen widerstreitet.

Viele Körper, namentlich die Metalle, dehnen sich bei Versuchen über ihre absolute Festigkeit um eine aliquote Größe aus, und ziehen sich bei nachlassender Einwirkung der ausdehnenden Kraft wieder zu ihrer früher Länge zusammen

1 Bibl. univ. XX. 220.

2 On cast Iron. p. 104. u. a. v. O.

3 Bibl. univ. XXIII. 305.

geschieht indefs nur dann, wenn die bewirkte Ausdeh-
eine gewisse Gröfse nicht übersteigt, indem sie sonst nicht
llig wieder zu ihrem früheren Volumen zurückkehren [1].

Ueber die Cohärenz gedreheter hanfener Seile hat Mus-
broek [2] Versuche angestellt, welche aber nicht genau ge-
g beschrieben sind, um sie bei der Anwendung zum Grunde
legen. Viel Schätzbares enthalten ferner die Abhandlungen
n Erichson und Polhem [3], desgleichen von Rappolt [4]; für
praktische Anwendung am brauchbarsten aber sind die Be-
mungen, welche Eytelwein [5] aus eigenen Versuchen fol-
te, wonach ein gewöhnliches käufliches hanfenes Seil von
einl. Quadratzoll Querschnitt im Mittel durch 10845 ℔
. Weil aber die Stärke derselben nicht in gleichem Ver-
nisse des Querschnittes wächst, und die Versuche mit dün-
n Seilen angestellt wurden, so sind in der nachfolgenden
elle nur 9000 ℔ angegeben. Indefs ist auch diese Zahl noch
um das Doppelte zu grofs, und nur auf sehr dünne Seile,
eswegs aber auf dickere und vorzüglich auf Thaue anwend-
, wie insbesondere aus den sehr genauen englischen Versu-
n [6] hervorgeht, wonach die Tragkraft der Seile für einen
. Quadratzoll Querschnitt in av. d. p. Gewicht nur 5414 ℔
t. Ueberhaupt ist es bei Hanfseilen und allen sonstigen
n von Seilen sehr schwer, ihre absolute Festigkeit genau
geben, weil es bei ihnen noch mehr, als bei Metallen und
zern auf bedingende Nebenumstände ankommt, namentlich
die Stärke ihrer Zusammendrehung, weil hiernach die ein-
n Fibern mehr oder weniger von der geraden Linie abwei-
n, und gegen die Richtung der ausdehnenden Kraft schräg
iegen kommen [7]. Die gröfste Stärke derselben könnte da-
r nur dann erhalten werden, wenn man die einzelnen Hanf-

1 Robison a. a. O. I. 394.
2 Introd. I. 409.
3 Schwed. Abh. I. 60 ff.
4 Ueber die Stärke rund gewobener Seile. Tübing. 1795. 8.
5 a. a. O. II. 257.
6 Phil. Mag. and Journ. 1820. Jun. Daraus in Jahrb. d. polyt. in Wien V. 269.
7 Robison I. 394.

stränge in gerader Richtung in Conflict bringen wollte, aber für gröfsere Längen unmöglich und für die Anwen ohne Nutzen ist. RÉAUMUR [1] fand diesemnach bei seinen suchen, dafs gedrehete Stricke durch weit geringere Gew zerrissen wurden, als die Summe derjenigen, welche die zelnen in ihnen vereinigten Schnüre zu tragen vermochten. genäfste Stricke reifsen nach MUSSCHENBROEK [2] leichter trockne, und verlieren allgemein durch stärkeres Zusam drehen, weswegen sie nur so wenig zusammengedrehet müssen, als zu ihrer Haltbarkeit durchaus erforderlich ist.

Noch verdienen einige sehr gehaltreiche Untersuchu des Grafen RUMFORD [3] über einige auffallende Erscheinu der Cohärenz verschiedener Körper hier erwähnt zu wer Vegetabilische und thierische Stoffe, welche zuerst flüssig und dann erhärten, zeigen eine unglaubliche Stärke der C sion, z. B. Flachs und Hanffäden, Seide, Haare, erhär Mehlkleister, Schreinerleim u. dgl. Die Festigkeit einer Lin. dicken kupfernen Röhre wird durch einen um dieselbe leimter Streifen Papier von doppelter Dicke mehr als do verstärkt. Ein Cylinder von zusammengeleimtem Pap höchstens einen Quadratzoll Querschnitt haltend, trug 3000 und ein gleicher Cylinder von ihrer Länge nach zusamm leimten Hanffäden 92000 ℔., indem ein gleich dicker Cy der von dem besten Eisen nur 66000 ℔., und von gering Güte nur 55000 ℔. trug. Ein seidener Faden ist dreim stark als ein gleich dicker von Flachs, und ein Menschen ist im Verhältnifs der Dicke stärker, als ein Pferdehaar.

Aus dem bisher Gesagten ergiebt sich, dafs alle durch suche gefundene Bestimmungen der absoluten Festigkeit für genäherte Werthe zu halten sind. Bei der vielfachen wendung indefs, welche man von denselben zu machen ve lafst wird, ist es nicht überflüssig, auch diese in einer Tabelle leichtern Uebersicht neben einander zu stellen, wozu ich d

---

1 Mém. de l'Ac. 1711. p. 7 — 19.

2 Int. I. 408.

3 Aus Journal of the Royal Inst. I. 34. bei G. XIII. 383.

igen Resultate unverändert aufnehme, welche Eytelwein [1] zu Ende aus älteren Beobachtungen berechnet hat, mit Hinzufügung der neuesten genaueren Bestimmungen, welche letztere mit einer Angabe der Autoritäten versehen sind [2]. Indem der Eytelwein in seinem ohnehin vielgebrauchten Werke jene auf rheinl. Maſs und Berliner Pfunde reducirt hat, so ist bei- für die ganze Tabelle beibehalten, um so mehr, als der rheinl. Fuſs von den Fuſsmaſsen der meisten deutschen Staaten wenig abweicht, das Berliner Pfund aber dem kölnischen Markgewichte gleich, und somit in Deutschland sehr bekannt, von meistens üblichen Gewichte gleichfalls nicht sehr abweichend ist. Will man die Angaben der Tabelle auf altfranzösisches Fuſs- und Gewichts-Maſs reduciren, so darf man die gegebenen Gröſsen nur mit 1,0215 multipliciren, um die Tragkraft einer Stange von 1 Par. Quadratzoll Querschnitt in Pfunden, oder mit 1,0712, um sie in berliner Pfunden zu erhalten; desgleichen giebt die Multiplication mit 0,97186 die Tragkraft einer Stange von einem englischen Quadratzoll in Pfunden, und mit 0,94317 die Tragkraft derselben in Pfunden; endlich erhält man die Tragkraft einer Stange von einem Quadrat Centimeter der Durchschnittsfläche in Grammen, wenn man die angegebene Zahl mit 0,06379 und Berliner Pfunden, wenn man sie mit 0,1365 multiplicirt.

Stahl, wie zu Scheermessern	158200
— — — gemeinen Messern	142380
— mittelmäſsig biegsamer	130780
— bester biegsamer	125510
— bester gehärtet	118120
— gemeiner biegsamer	113900
— guter engl. (Rennie)	133764
Eisen, schlesisches geschmied.	78140
— schwedisches geschmied.	76570

[1] a. a. O. II. 262.

[2] Viele Resultate aus englischen Versuchen über die Stärke des ... nach Barlow Essay on the Strength and Stress of Timber. Lond. ... findet man im Einzelnen genau angegeben in Jahrb. des polyt. Inst. Wien V. 228. Sie sind durch Tredgold benutzt und finden sich den ...lichen Ergebnissen nach in der Tabelle mit aufgenommen.

Eisen, gemeines geschmied. . . .
— dicke Stangen } (franz. Commiss.) .
— dünne Stangen }
Eisenstangen, französ. (Düfour.) . .
Eisen, engl. gutes, im Mittel aus vielen Versuchen (Tredgold) . . .
— deutsches gegossenes . . .
— englisches gegossenes (Rennie) .
Eisendraht — — .
— mittlere Dicke (franz. Commiss.) .
— — — (Düfour) . .
— französ. stärkerer (Seguin) . .
Klavierdraht, franz. (Seguin) . .
— — — (franz. Commiss.) .
Golddraht, Pistolengold . . .
Gold, gegossen . . . .
Silberdraht . . . .
Feines gegossenes Silber . . .
Messingdraht . . . .
Messing (Rennie) . . .
Kupfer, gelbes barbarisches, geschmiedet .
— — schwedisches — .
— — — gegossen .
— — ungarisches — .
— — spanisches — .
— — japanisches — .
— — barbarisches — .
Kupferdraht, rother schwedischer .
Kupfer, geschmiedetes (Rennie) .
Zinndraht . . . .
Zinn, englisches gegossenes . .
— aus Banca . . .
— aus Malacca . . .
Bleidraht . . . .
Blei, englisches gegossen . .
Wismuth, gegossen . .
Zink, gegossen . .
Spiefsglanz, gegossen . .
Glas, weifses . . .

enholz, Sommereichen, vom Kern	26600
— zwischen Kern und Splint	21940
— vom Splint	14760
ineichen	22120
enholz	24740
hbuchen	22360
— (Barlow)	11467
rdanholz	22784
nholz	21488
— (Barlow)	17492
nholz, das stärkste	21400
— das schwächste, harzig	12520
holz, indisches, Teak, (Barlow)	15090
che Eiche (Barlow)	10290
buche	20400
kistenholz	18832
ernholz	18360
lenholz	17028
rbaumholz	16347
baumholz	15790
— (Barlow)	20467
holz	15709
anne	15400
— (Barlow)	12347
holz	14857
cholz	14432
aumholz	14261
hbaum, wildes	13978
nholz	13870
olz	13504
nholz	12614
lbaumholz	12028
aumholz	11158
— (Barlow)	10106
nbaumholz	11099
anne	10920
nderholz	10547
lbaumholz, rothes	10128
baumholz	10018

Mahagoni (Barlow) . . .
Hanfseile . . . . .
— engl. . . .
Mauerziegel . . . .
— brick, (Tredgold) . .
Marmor, weiſser (ders.) . .
Schiefer, italiäniſcher (ders.) . .
— von Westmoreland (ders.) .
— schottischer (ders.) . .
Stein, Portland-stone (ders.) . .
Bath-stone (ders.) . .
Craighleith-stone (ders.) . .
Dundee-stone (ders.) . .

Wenn man von diesen Bestimmungen der absoluten
keit der Körper eine praktische Anwendung machen w
ist es rathsam, wegen der Ungewiſsheit solcher Angab
Metallen nur die Hälfte, bei Hölzern und Seilen [1] nur de
ten Theil der angegebenen Werthe in Rechnung zu neh
Hierbei kommt es selten vor, daſs Körper, welche vermö
rer absoluten Fertigkeit Lasten tragen sollen, sehr lang si
welchem Falle ihr eigenes Gewicht zugleich neben dem z
genden berechnet werden müſste. Sollte dieses aber d
der Fall seyn, so läſst sich aus demjenigen, was hierü
nächstfolgenden Abschnitte Nro. 12 gesagt ist, leicht die M
einer solchen Berechnung entlehnen.

2. Relative Festigkeit.

Relative oder respective Festigkeit der Körper nen
diejenige Stärke derselben, mit welcher sie einer auf ihr
genaxe normal wirkenden Kraft entgegenstreben. Nimn
hierbei auf gleiche Weise Körper von gegebenen Dimen

---

1 Tredgold p. 280. giebt an, daſs man das Quadrat des l
ges eines Hanfseiles in Zollen mit 200 und eines Cabelthaues
multipliciren muſs, um die Tragkraft desselben in Pfunden zu
Die hierdurch erhaltenen Werthe im engl. Maſse und Gewichte
sich nach dem oben angezeigten Verhältniſs durch Multiplicir
1,029 leicht in Berliner verwandeln.

2 Eytelwein a. a. O. II. 264.

und beschwert sie mit einer Last in Pfunden ausgedrückt so lange, bis sie zerbrechen, so giebt das hierzu angewandte Gewicht das Maximum ihrer respectiven Festigkeit. Da dieser Gegenstand auf gleiche Weise, und noch wohl mehr, von praktischem Nutzen ist als die Kenntnifs der absoluten Festigkeit, so hat man seit längerer Zeit sich bemühet, ihn durch theoretische Untersuchungen und praktische Erfahrungen genau zu ergründen. Unter den theoretischen Untersuchungen sind die vorzüglichsten von GALILAEI [1], LEIBNITZ [2], MARIOTTE [3], VARIGNON [4], JAC. BERNOULLI [5], L. EULER [6], KRAFT [7], BÜLFINGER [8], YOUNG [9], GREGORY [10], BREWSTER [11], BORGNIS [12] u. a. zugleich mit Versuchen verbunden sind die von PARENT [13], RÉAUMÜR [14], BUFFON [15], DU HAMEL [16], COULOMB [17], CAMÜS DE MÉZIÈRES [18], EYTELWEIN [19], G. G. SCHMIDT [20], JOHN BANKS [21], RONDELET [22],

1 Discorsi e dimostrazione matematiche. Leid. 1638.
2 Act. Erud. Lips. 1684. p. 319.
3 Traité des Mouv. des Eaux. Par. 1686. P. V. disc. II.
4 Mém. de l'Ac. 1702. p. 90.
5 Ebend. 1705. p. 230.
6 Acta Acad. Pet. 1778. I. 121.
7 Dissert. de corp. natur. cohaerentia. Tub. 1752. 4.
8 Com. Pet. IV. 164.
9 Lectures. II. p. 46.
10 Treatise on Mechaniks, theoretical, practical and descriptive. 2 vol. 8. Lond. 1815. I. art. 180.
11 Ferguson Lectures. Edinb. 1823. II. 232.
12 Théorie de la Mécanique usuelle. Par. 1821. 4. p. 336.
13 Mém. de Par. 1707, 1708, 1710.
14 Ebend. 1711. p. 6.
15 Ebend. 1740. u. 41. Auch in Hamb. Mag. V. 179. u. 506.
16 Mém. de l'Ac. 1768. p. 534.
17 Mém. de Mathem. et de Phys. présentes à l'Acad. de Par. 1773. p. 343.
18 Traité de la force des Bois. Par. 1782. 8.
19 Lehrbuch d. Statik u. s. w. Th. II.
20 Gren N. J. IV. 184.
21 On the Power of Machines. Kendal 1803. p. 96.
22 Traité théorique et pratique de l'Art de Bâtir. Par. 1814. VI vol. 4. IV. 514.

Rennie [1], Reynolds [2], Düleau [3], Gauthey [4], Barlow
gold [6], White [7] u. a. ausführliche Zusammenstellu
wichtigsten Versuche, Prüfung derselben und For
praktischen Anwendung, endlich findet man theils in
nannten Werken, theils bei Girard [8], Langsdorf [9],
tig bei Magold [10], kurz bei Brandes [11], ausführlich be
wein [12], Emerson [13], Leslie [14], insbesondere aber seh
lich und mit verschiedenen Tabellen zum praktischen G
in Tredgold's mehr erwähntem Werke.

Sowohl theoretische Untersuchungen, als auch
führten auf gleiche Weise zu dem Resultate, dafs b
überall gleich dicken Parallelepipedum, wenn dasselb
den Enden unterstützt und in der Mitte mit der ganzen
schwert ist, die Tragkraft im geraden Verhältnisse d
und des Quadrates der Höhe, und im umgekehrten d
steht. Heifst deswegen die Tragkraft irgend eines K
Gewichten ausgedrückt W, die Breite der Fläche sein
schnittes b, die Höhe h, der Abstand der beiden U
zungspuncte l, so ist:

---

1 Phil. Trans. 1818. 1. Phil. Mag. LIII. 173.

2 Nicholsons J. 1813. XXXV. 4.

3 Essay théorique et expérimental sur la résistance du
Par. 1820. 4.

4 Traité de la Construction des Ponts. Par. 1809. u.
4. II. 153.

5 Essay on the Strength of Timber. Lond. 1817. 8. p.

6 a. a. O. Phil. Mag. and J. 1820. Oct.

7 Philos. Mag. and J. 1821. Mai.

8 Traité analytique de la resistance des solides, et de s
gale resistance cet. à Par. An. VI. Deutsch: P. S. Girards a
Abhandlung von dem Widerstande fester Körper u. s. w. von
cke. Gies. 1808. 4.

9 Handbuch der Maschinenlehre für Practiker und aca
Altenb. 1797. II vol. 4. I. 73.

10 Mathematisches Lehrbuch zum Gebrauche öffentlich
sungen, u. s. w. Landsh. 1808 — 13. V. 36.

11 Lehrb. d. Gesetze des Gleichgewichts u. der Bewegun
I. 151.

12 a. a. O.

13 Mechanics, or the doctr. of Motion. 1769. I vol. 8.

14 Elements of Natural Philosophy. Edinb. 1823. I.. 2.

$$W = \frac{k\,h^2 b}{l}.$$

aber das Parallelepipedum an einem Ende horizontal befestigt, am andern mit der ganzen Last beschwert; so ist:

$$W' = \frac{k\,h^2 b}{4l},$$

wobei blofs der constante Coefficient k für die verschiedenen Körper durch Versuche ausgemittelt werden mufs.

Man hat eine unglaubliche Menge von Versuchen zur Bestimmung von k angestellt, welche man sehr vollständig durch Tredgold geprüft findet. Eine der besten Methoden ist diejenige, deren sich Beaufoy [1] bediente, um die Tragkraft verschiedener Holzarten zu messen, welche daher unter mehreren andern hier erwähnt werden möge. Es wurde das eine Ende des zu prüfenden prismatischen Körpers a a in einen starken Balken A A fest eingekeilt, trug am andern ein eigens vorgerichtetes, auf dasselbe geschobenes Bogenstück b b, damit die Richtung des herabziehenden Seiles c d e stets auf die Längenaxe desselben normal wäre; an dieses Seil wurde eine Waagschale P befestigt, und durch ein Gegengewicht p, über wenig Reibung verursachende Rollen gezogen, balancirt, und wenn dann die Waagschale mit Gewichten beschwert war, so gab ein Zeiger r, an einer herabgehenden Stange s befestigt, die Biegung in Graden an, und die Summe der, bis zum Zerbrechen aufgelegten Gewichte in Pfunden die absolute Tragkraft oder das Maximum der relativen Festigkeit des untersuchten Körpers. Hiermit läfst sich dann auch leicht diejenige Last finden, wodurch ein Körper beschwert werden kann, ohne dafs seine Form bleibend verändert wird, oder nach deren Wegnahme er seine vorige Gestalt wieder annimmt, und welche man als das Maximum ansehen kann, womit er in der Anwendung beschwert werden darf. Beaufoy fand vermittelst dieses Apparates, dafs verschiedene Stücke der nämlichen Holzart sehr ungleiche, zuweilen bis auf das Doppelte steigende Tragkraft zeigten, dagegen waren die Krümmungen derselben so lange sehr regelmäfsig, als sie nicht über die Hälfte des Maximums ihrer

Fig. 45.

---

[1] Ann. of Phil. VIII.

relativen Festigkeit beschwert wurden. Die Versuche sind n
mit den zum Schiffsbaue brauchbaren Holzarten angestellt, h
ben indeſs einige allgemeine Resultate gegeben. Als die stärk
Holzart zeigte sich die Pechtanne (pitch-pine) und zunä
nach dieser die englische Eiche mit geraden Fibern. Glei
lange Parallelepipeda von ungleichen Dimensionen zeigten e
nach etwas mehr als dem Kubus der Seiten des Querschn
zunehmende Tragkraft, wurden sie aber in mehrere ähnl
Parallelepipeda zerschnitten, so nahm ihre Tragkraft ab,
die Quadratwurzeln der Zahl der Stücke, worin sie zerschn
waren. Es zeigt sich hierbei also der umgekehrte Erfolg
derjenige, welchen die Versuche über die absolute Festi
namentlich der Metalle geben, indem diese leztere kleiner
als das Verhältniſs des Querschnittes, jene dagegen gröſser

Eine Reihe sehr schätzbarer Versuche über die respe
Festigkeit der verschiedenen Holzarten hat Barlow [1] ange
indem er die prismatischen, genau gearbeiteten Körper en
der horizontal an beiden Enden frei auflegte, oder sie an
den Enden befestigte, oder an einem Ende horizontal festk
oder endlich unter einem Winkel gegen den Horizont ge
gleichfalls an einem Ende festkeilte. Auch hierbei wurde
Biegung auf eine sinnreiche Weise gemessen, doch ist B
zoy's Methode vorzuziehen.

Tredgold [2] hat vorzüglich mit den verschiedenen So
Guſseisen, aber auch mit Schmiedeeisen, sonstigen Meta
Hölzern u. s. w. eigene Versuche angestellt, andere, welche
England so häufig gemacht sind, verglichen, und sie verdie
um so mehr beachtet zu werden, als sie mit gröſster Sorg
und steter Rücksicht auf eine praktische Anwendung angest
und berechnet wurden. Namentlich berücksichtigt Tredg
weniger dasjenige Gewicht, durch welches die Körper
brochen wurden, als vielmehr dasjenige, welches sie zu tr
vermochten, ohne ihre Form bleibend zu ändern. Behalten
seine Art der Bezeichnung bei, nennen dasjenige Gewicht

1 a. a. O. dem wesentlichen Inhalte nach mitgetheilt in Jahrb
pol. Inst. V. 240.

2 Practical Essay on the strength of cast Iron and other met
Lond. 1824.

n ausgedrückt, welches ein Würfel von einem Zoll Seite
gen vermag, ohne seine Form bleibend zu ändern = f,
hält die folgende Tabelle die von ihm gefundenen, auf
ind. Zolle und Berliner Pfunde reducirten Werthe von f
e verschiedenen Substanzen, und zugleich einen Werth
, dessen Gebrauch weiter unten nachgewiesen werden

stanzen	f	m
...eisen . .	18315	0,28296
...en . . .	15743	0,27439
...speise . .	10289	0,30354
...g . . .	6894	0,31120
. . .	5865	0,26152
. . .	2963	0,27138
. . .	1511	0,42369
...in . . .	5762	0,04827
..., engl. geradfibrige .	4074	0,03087
...i, von Honduras .	3910	0,02084
..., gelbe amerikanische .	4013	0,01695
..., rothe . .	4414	0,02079
- weiſse . .	3735	0,01750
...baum . .	2125	0,02084
...e . . .	3643	0,02830
...e . . .	2428	0,02710
...e . . .	3334	0,02024

Sollen von diesen Werthen praktische Anwendungen ge-
t werden, so dienen hierzu folgende Formeln.

1. Es sey in den angegebenen Maſsen W das zu tragende,
r Mitte aufliegende Gewicht in Pfunden; von dem tragen-
Körper sey b die Breite und h die Höhe, dann ist für ein
...miges, an beiden Enden aufliegendes Parallelepipedon,
Abstand der Unterstützungspuncte = l genannt

$$W = \frac{2f\ b\ h^2}{3l}$$

...s, da f durch die Zahlen der Tabelle gegeben ist, die un-
...nnten Gröſsen aus den bekannten gefunden werden kön-
Ist daher z. B. der Abstand der Stützpuncte, und das zu
...ende Gewicht gegeben, so ist:

$$\frac{3\,l\,W}{2\,f} = b\,h^2.$$

Indem hiernach durch das quadratische Verhältnifs der Höh Material viel gespart wird, so ist dabei zugleich zu berücksi tigen, dafs die Höhe nur bis so weit vermehrt werden d als das Material erlaubt, ohne durch die Last eingedrückt o seitwärts gebogen zu werden. Will man aber aus einem C der vom Halbmesser $= r$ das stärkste Parallelepipedon ten, so nehme man von seinem Mittelpuncte an die halb desselben $= 0{,}8165\,r$, und seine halbe Breite $= 0{,}577$

2. Liegt die Last nicht in der Mitte zwischen Stützpuncten, sondern heifsen die beiden Abstände, glei in Zollen, λ und λ', so ist:

$$W = \frac{f\,b\,h^2}{6} \times \frac{l}{\lambda.\,\lambda'}$$

3. Ist die Last gleichmäfsig über den ganzen Balken breitet, so trägt derselbe doppelt so viel, als wenn sie in Mitte aufliegt, und es ist also

$$W = \frac{4f\,b\,h^2}{3\,l}.$$

4. Wenn ein Parallelepipedon an einem Ende bef die Last aber am andern angebracht ist, so trägt es nu vierten Theil des für N^{ro}. 1. angegebenen Gewichtes, wie schon in der anfänglich mitgetheilten Formel ausgedrück Hiernach wird also seyn

$$W = \frac{f\,b\,h^2}{6\,l}.$$

Diese Formel pafst auch auf diejenigen Fälle, in denen ein ken in der Mitte unterstützt, und an beiden Enden mit L beschwert ist, z. B. bei den Waagebalken oder den Balanc der Dampfmaschinen u. s. w. Es ist hierbei nicht nöthig, der Balken überall gleiche Dicke habe, vielmehr ist es be wenn er an dem befestigten Ende stärker ist. Als Regel für gilt, dafs derselbe an demjenigen Ende, worauf die wirkt, eine der Breite gleiche Höhe habe, am befestigten aber diejenige Höhe, welche aus der Formel für h gef wird, und dann in gerader Linie von hier bis ans Ende nimmt.

5. Noch mehr und genauer findet diese Regel Anwen-ng, wenn die Last über den ganzen Balken vertheilt ist, in elchem Falle

$$W = \frac{f\,b\,h^2}{3\,l}.$$

Ein unmittelbarer Gebrauch dieser Formel wird bei den gbalken der Altanen gemacht, mit Rücksicht auf die so eben gebene Bedingung, weswegen bei angebrachten Verzierun-darauf gesehen werden mufs, dafs ihre Vertiefungen nicht in Linie DA einschneiden, welche von der erforderlichen sten Höhe an der Mauer nach der geringsten am Ende des ens gezogen ist. Auch die Stärke der Zähne an Rädern st sich hiernach bestimmen. Berücksichtigt man indefs, dafs Last auch auf eine einzelne Stelle wirken kann, der Zahn r leicht nicht überall gleiche Dicke hat, so ist es am besten, $= \frac{f\,b\,h^2}{5\,l}$ anzunehmen, und mit Rücksicht auf das noth-ndige Abreiben der Zähne wird mit Sicherheit

Fig. 46.

$$W = \frac{f\,b\,h^2}{10\,l}$$

nommen.

6. Die allgemeine Formel kann nur eine unbedeutende änderung erleiden, wenn die Körper keine Parallelepipeda d. Von den vielen möglichen Formen der Flächen der rschnitte möge hier nur der Cylinder berüksichtigt werden. ist der Durchmesser desselben d, so ist, die Last in der te hängend angenommen:

$$W = \frac{0{,}7854\ f\,d^3}{2\,l};$$

einem ungleichen Abstande derselben von den Stützpuncten, Entfernungen $= \lambda$ und λ' angenommen

$$W = \frac{0{,}7854\ f\,d^3}{8} \times \frac{1}{\lambda.\,\lambda'};$$

d bei gleichmäfsiger Vertheilung derselben über die ganze ge des Cylinders zwischen den Stützpuncten ist

$$W = \frac{0{,}7854\ f\,d^3}{l}.$$

Ist dagegen der Cylinder an einem Ende befestigt, son-
dern mit der Last beschwert, so ist für den Halbmesser =

$$W = \frac{0,7854 \; f \; r^3}{l},$$

und wenn die Last gleichmäfsig über denselben vertheilt ist:

$$W = \frac{1,5708 \; f \; r^3}{l}.$$

Hieraus folgt also, dafs die Tragkraft eines Balk[illegible]
quadratischen Querschnitte zu der eines aus ihm verfer[illegible]
Cylinders sich verhält wie 1: 0,5895; zu demjenigen Cy[illegible]
aber, aus welchem er verfertigt ist, wie 1: 1,7 nahe gen[illegible]

7. Einen grofsen Vortheil erhält man in der Mec[illegible]
dadurch, dafs man statt massiver Cylinder hohle Röhre[illegible]
wendet, wodurch bei gleicher Masse des Materials eine gr[illegible]
Stärke desselben erhalten wird, vorausgesetzt, dafs zwi[illegible]
dem inneren und äufseren Durchmesser des hohlen Cyl[illegible]
ein richtiges Verhältnifs statt findet, dafs die Wand ni[illegible]
schwach ist, um dem Drucke den erforderlichen Wid[illegible]
zu leisten, und die Arbeit gehörig genau, so dafs namen[illegible]
bei gegossenen Röhren die Metalldicke überall gleich und [illegible]
Fehlstellen ist [1].

Man hat sich viele Mühe gegeben, zuvörderst das [illegible]
Verhältnifs des innern Durchmessers zum äufseren für [illegible]
stärkste Tragkraft hohler Cylinder aufzufinden. Nach Gi[illegible]
soll die relative Festigkeit am gröfsten seyn, wenn der i[illegible]
Halbmesser sich zum äufseren verhält wie 51: 112. In[illegible]
ist dieses Verhältnifs weit kleiner als dasjenige, welche[illegible]
Engländer praktisch in Anwendung zu bringen pflegen. [illegible]
CHANAN [3] nimmt zu Wellen der Mühlräder hohle Cylinder, d[illegible]
ren Halbmesser 3 und 4 sind, nach TREDGOLD [4] aber ver[illegible]
sich die relative Festigkeit eines hohlen Cylinders zu der [illegible]

---

1 Die Natur erreicht bei verschiedenen Körpern z. B. den Pfla[illegible]
und selbst den Knochen der Menschen und Thiere eine gröfsere Fe[illegible]
keit durch hohle Röhren, statt massiver Cylinder. Vergl. Leslie [illegible]
ments of Natural Philosophy Edinb. 1823. I. 225.

2 Ann. Ch. Ph. XXI. 352.

3 Essay on the Shafts of Mills. 2°. ed. I. 305.

4 a. a. O. p. 129.

...ren von gleicher Metallmasse, wie 1,7 : 1, wenn der in-
...Halbmesser sich zum äuſseren wie 15 : 25 verhält, und
... : 1, wenn das Verhältniſs der Halbmesser = 7 : 10 ist.
... das erstere beträgt die Metalldicke 0,2 der Dicke des gan-
Cylinders, für das letztere 0,15 derselben, und er hält
... für das Minimum, wenn das Metall noch stark genug
... soll, um nicht eingedrückt zu werden [1]. Ist allgemein
...äuſsere Halbmesser der Röhre = r, der innere aber = nr,
... bey gleicher Masse die relative Festigkeit des massiven
... = 1 gesetzt, die des hohlen = $\frac{1-n^4}{(1-n^2)^{\frac{3}{2}}}$ seyn [2].
... wir diese Bedeutung von n bei, so ist für einen an
... Enden aufliegenden hohlen Cylinder die Last in der

$$W = \frac{3{,}1416\ fr^3\,(1-n^4)}{l}.$$

... derselbe an einem Ende befestigt ist, die Last am
... wirkend gedacht,

$$W = \frac{0{,}7854\ fr^3\,(1-n^4)}{l}.$$

... Fällen aber ist die relative Festigkeit doppelt so groſs,
... die Last über der ganzen Länge gleichmäſsig verbreitet
... eben so läſst sich aus den eben mitgetheilten Formeln
... finden, wie der Fall zu berechnen sey, wenn bei einer
... Seiten unterstützten Röhre die Last nicht in der Mitte
...cht ist.

... Man hat angenommen [3], daſs die Tragkraft eines
...tigen Prisma, wenn die eine Fläche nach Oben gekehrt,

---

1 Nach Eytelwein a. a. O. II. 322. verhält sich die Tragkraft der ...der des Cylinders von gleicher Metallmasse wie 1,212.... : 1 wenn ...re Halbmesser der Röhre sich zum äusseren wie 1 : 2 verhält.

2 Nach G. G. Schmidt's Versuchen bei Gren N. J. IV. 214. ver-...h der Querschnitt des massiven Cylinders zum Querschnitte des ...von gleicher Stärke, wie 84 : 59, woraus eine bedeutende Er-...g des Materials und weit geringeres Gewicht, also auch Vermin-...g der Reibung für Maschinen folgt.

3 Eytelwein a. a. O. II. 312. Die Behauptung wurde zuerst durch ...i aufgestellt, nachher durch Mariotte, Leibnitz und Jacob

die Kante aber auf den Unterlagen ruhend wäre, gröfser s
als bei der entgegengesetzten Lage, und zwar im Verhält
von 3 : 1 oder nach andern von 2 : 1. Allein Tredgold f
gert aus Duleau's [1] Versuchen mit dreikantigen Balken, d
ihre Tragkraft in jeder Lage gleich sey. Die Tragkraft ei
solchen aber verhält sich zu derjenigen eines rechtwinkli
von gleicher Höhe und der Breite der Basis wie 0,339 : 1.
dem nun ersterer halb so viel Masse enthält, als letzterer;
nur nahe $\frac{1}{3}$tel so viel Tragkraft hat, so ergiebt sich hieraus,
deren Anwendung nicht vortheilhaft sey.

9. Die hier angegebenen Formeln geben auf allen
sehr genäherte Werthe, und können mit Benutzung der
mitgetheilten Tabelle füglich praktisch angewandt werden,
bei jedoch wohl zu berücksichtigen ist, dafs auch die rel
Festigkeit der verschiedenen Körper bei einzelnen Exempl
sehr ungleich gefunden wird, abgesehen von Fehlstellen
Brüchen in denselben, welche überall nicht statt finden d
wenn von irgend einer der Formeln Gebrauch gemacht w
soll. Im Allgemeinen läfst sich aufserdem noch bemerken,
die Tragkraft der an beiden Enden aufliegenden Balken
mehrt wird, wenn sie fest eingemauert oder fest gekeilt si

10. Ein anscheinend paradoxes, aber sehr zuverlä
Mittel, die Tragkraft der an beiden Enden aufliegenden B
zu vermehren, giebt Camüs de Mézières [2] nach eigenen
früheren Versuchen als zweckmäfsig an, und Parrot [3]
dasselbe in wiederholten Erfahrungen bestätigt. Man sch

Bernoulli weiter geprüft. Ihre Untersuchungen finden sich in
oben angeführten Abhandlungen derselben.

1 Essay sur la Resistance cet. p. 26. Ein gleiches Resultat
aus den neuesten Versuchen von Couch S. Jahrg. des polyt. In
Wien. V. 238.

2 Traité de la force des Bois. p. 224.

3 Theoret. Phys. I. 53. Ein einziger eigener, aber sehr gel
ner, Versuch bewies mir die Anwendbarkeit dieses leichten Mittels.
liefs nämlich einen 11 Z. Seite haltenden, 25,5 F. zwischen den S
puncten langen tannenen Balken bis in die Mitte einschneiden, dann
eisernen, oben 8 Lin. dicken Keil bis auf den Grund in den Eins
treiben, wodurch sich der Balken 0,75 Z. in der Mitte über die wa
rechte Ebene hob, und eine Art Gewölbe bildete. Eine genaue Be

nlich dieselben nach dem Verhältnifs ihrer Höhe bis zu Drittheile oder zur Hälfte der letzteren von oben herab d treibt einen Keil von hartem Holze in den Einschnitt den Boden mit Gewalt ein, bis die Balken in ihrer Mitte was über die horizontale Ebene erheben. In den von erwähnten Versuchen wurde die Tragkraft der bis zu er Höhe eingeschittenen Balken um $\frac{1}{19}$tel, der bis zur eingeschnittenen um $\frac{1}{15}$stel und selbst der bis zu $\frac{3}{4}$ einttenen um $\frac{1}{87}$stel vermehrt.

. In der Regel sind alle Körper mehr oder weniger , und werden sich daher unter der drückenden Last gen, ehe sie zerbrechen. Dieses Biegen ist aber mit einabsinken der gedrückten Theile verbunden, wozu eine Zeit erfordert wird. Hört dann der Druck der Last auf, oder geht derselbe zu einer andern Stelle über, tragende Theil so tief herabgesunken ist, dafs seine Fizreifsen, so wird er über seine Tragkraft beschwert können. Anwendungen hiervon giebt das Laufen über Bretter, über Eis u. s. w. [1].

. Bei der praktischen Anwendung der mitgetheilten chungen über die relative Festigkeit kommt das eigene t der Körper noch weit mehr in Betrachtung, als bei oluten Festigkeit, und mufs in der Regel jederzeit mit chnung genommen werden. Indem dasselbe aber in allen chten Fällen zugleich mit dem getragenen Gewichte die denen, auf die eine oder die andere Weise geformten lasteten Körper gleichfalls belastet, in den Formeln aber anze Last bezeichnet, welche die Körper tragen können, s es allezeit schon in dieser Gröfse mit begriffen seyn. man also das eigene Gewicht der verschiedenen Körper jenige aber, womit sie belastet sind w′, und berück- , dafs das eigene Gewicht der Körper allezeit über die Länge derselben verbreitet ist, so ist für diejenigen For-

r Vermehrung seiner Tragkraft war nicht wohl zu erhalten, wankte derselbe nachher nicht mehr beim Schlagen oder Sprindenselben.

[1] Eine gründliche Untersuchung dieser Aufgabe von Langsdorf ich in Münchener Denksch. 1811.

meln, in welchen auch das getragene Gewicht über die Länge der Körper verbreitet angenommen wurde, $w' + w$: in denjenigen Fällen aber, wo die Last am Ende oder i Mitte drückt, $\frac{2w' + w}{2} = W$. Ist aber in allen angege Formeln $w' = 0$, so ist der Körper so beschaffen, dafs e nau sein eigenes Gewicht trägt, und es läfst sich aus de gehörigen Werthe v n W bei jeder der angegebenen Gleich die Länge, oder ie Breite oder die Höhe finden, welc Körper haben mufs, um sein eigenes Gewicht zu tragen. dieses nur an einem Beispiele zu zeigen, werde die Länge an beiden Enden aufliegenden Stange von Gufseisen, von e Quadratzoll Querschnitt, gesucht, welche ihre eigene Last bleibend gebogen zu werden, zu tragen vermag. Es ist: der unter Nro. 1. angegebenen Formel $W = \frac{2fbh^2}{3l}$,

$\frac{w}{2} = W$ gesetzt ist $w = \frac{4fbh^2}{3l}$. Der Werth von w aber gefunden, wenn l bekannt ist. Wiegt nämlich die L eines Zolles des gegebenen Körpers m Pfunde, so ist w = welches substituirt, auf beiden Seiten die Gleichung mit l tiplicirt und mit m dividirt giebt

$$l^2 = \frac{4fbh^2}{3m}.$$

Es ist aber das Gewicht eines rheinländischen Kub. Zolles G eisen in Berliner Pfunden 0,274 .. nahe genau. Substi man also diesen Werth für m, und den in der Tabelle ent tenen für f, so wird

$$l^2 = \frac{4 \times 15743}{3 \times 0{,}274} = 276{,}8 \text{ Z. oder } 23{,}1 \text{ F.}$$

Zur gröfseren Bequemlichkeit und zur Erleichterung der Re nung bei der praktischen Anwendung dieser Formeln ist in oben mitgetheilten Tabelle der Werth von m, oder das Gewi eines rheinländischen Würfelzolles der am meisten vorkomm den Körper in berliner Pfunden nach Tredgold's Angaben ducirt in mindestens für die praktische Anwendung hinläng genähertem Werthe hinzugefügt. In sehr vielen, wo nicht d meisten Fällen, namentlich beim Bauen, sind von den zu w

[illegible] Balken die Grössen b, h und l entweder gemessen oder [illegible] Werthen bekannt, und es wird dann ihre [illegible] gesucht. Hiezu ist bloss erforderlich, vermittelst der [illegible] Tabelle angegebenen Werthe von m das eigene Gewicht [illegible] Körper als w, vermittelst der Formel aber den Werth von [illegible] suchen, woraus dann leicht W — w = W' oder dieje-[illegible] Last gefunden werden kann, womit die Balken sicher be-[illegible] werden dürfen.

[illegible] endlich die Tragkraft der Balken, Stäbe u. dgl. noch [illegible] erhöhet werde, wenn man ohne Vermehrung ihrer [illegible] verschiedene Formen giebt, wie diese z. B. bei [illegible] auch Hunter und andern Künstlern, oder na-[illegible] zu den Balancieren oder den Bäumen der Dampfma-[illegible] gewählt zu werden pflegen, liegt in der Natur der [illegible] genaue Berechnungen für jede einzelne Form aber liegen [illegible] dem Bereiche dieses Werkes.

3. Rückwirkende Festigkeit.

[illegible] versteht unter rückwirkender, oder nach Girard re-[illegible] Festigkeit diejenige Kraft, welche die Körper [illegible] zusammendrückenden oder zerdrückenden Last entge-[illegible]. Der Ausdruck: *rückwirkende Festigkeit* be-[illegible] diesen Begriff genau, und der andere, nämlich *nega-[illegible] absolute*, auch für diejenigen Fälle, in denen ein gegen [illegible] Durchmesser verhältnissmässig langer Körper durch eine [illegible] Richtung seiner Längenaxe wirkende Kraft gedrückt. [illegible] Es giebt zwei vorzügliche Aeusserungen der rückwir-[illegible] Festigkeit, hauptsächlich in Rücksicht auf die prakti-[illegible] Anwendung, nämlich zuerst wenn eine Säule oder ein [illegible] aufrecht steht, und eine Last trägt, dann das Gewicht [illegible], welches, ohne Biegung und demnächst Zerbrechung [illegible] wirken, getragen werden kann, wobei die Länge des Kör-[illegible] in Betrachtung kommt; und zweitens wenn ein Kör-[illegible] bedeutende Länge, z. B. ein Würfel gedrückt wird, [illegible] zu finden, welche er ohne Zerstörung seiner Cohärenz [illegible] vermag. Wir untersuchen zuvörderst das Erstere.

[illegible]. Das Problem über die rückwirkende Festigkeit der [illegible], oder über die Last, welche gerade, auf einem horizon-[illegible] Boden stehende Säulen oder prismatische Körper zu tra-

gen vermögen, ehe sie sich biegen, ist zuerst v. L. Eu theoretisch untersucht, und in Verbindung damit auc wissentschaftlich interessante Frage beantwortet, wie hoch Säule von gegebener Dicke seyn darf, bis sie durch ihre ei Last gebogen wird. Eine Anwendung der gefundenen For auf die von MUSSCHENBROECK angestellten Versuche zeigt Richtigkeit derselben. Die Arbeiten beider Vorgänger ben EYTELWEIN [2], und giebt die Formeln zur Berechnung der wichte, welche Säulen von verschiedenen Körpern nach i Gestalt und Länge zu tragen vermögen. L. EULERS gehal che Abhandlung findet man in vielen, namentlich der oben nannten, Werke über die relative Festigkeit der Körper ben Indem aber eine ausführliche Erörterung dieses Gegensta für unsern Zweck zu viel Raum erfordern würde, so wir genügen, die mit den Eulerschen im Wesentlichen übereinst menden Formeln aus TREDGOLD mitzutheilen, und für die pra sche Anwendung brauchbar darzustellen.

Es liegt in der Natur der Sache, dafs die rückwirkende stigkeit dem Querschnitte des Körpers und seiner Steifheit dir seiner Länge aber umgekehrt proportional seyn mufs, wonach a

$$Q = \frac{k\ m}{n^r}$$

als die allgemeine Gleichung für dieselbe angesehen wer kann. Es ist indefs nicht einerlei, ob die zusammendrücke Last auf die Axe der Säule selbst drückt, oder in einem gew sen Abstande von derselben. Nehmen wir also hierauf Rü sicht, behalten wir ferner die oben gewählten Bedeutungen v W, b, h, l und f bei (h in derjenigen Richtung genommen, welcher die Biegung erfolgen kann), und nennen den Abst des gedrückten Punctes von der Axe, gleichfalls in rheinlän schen Zollen, = a, denjenigen Theil der Länge aber, um w chen ein Prisma, dessen Querschnitt ein Quadratzoll ist, se Länge als Einheit genommen, ausgedehnt wird, wenn es mit ei Last = f beschwert ist, = e, so ist für ein rechtwinkliches Pris

$$W = \frac{f\ b\ h^2}{h + 6a + \frac{6\,l^2 e}{4h}} = \frac{f\ b\ h^3}{h^2 + 6\,a\,h + 1{,}5\ l^2 e}$$

---

1 Acta Acad. Pet. II. P. I. p. 121.

2 a. a. O. p. 409. ff.

wenn a = 0 ist, oder der Druck die Axe selbst trifft, wie vielen Fällen angenommen werden kann, so ist

$$W = \frac{f\,b\,h^3}{h^2 + 1{,}5\,l^2 e};$$

wenn man von einer in der praktischen Anwendung doch reichbaren Genauigkeit abstrahirt, insbesondere also mit sicht auf diejenigen Fälle, in denen Pfeiler aufliegende n oder Gewölbbogen tragen sollen, wobei man in genäher- Werthe annehmen kann, dafs der stärkste Druck den Rand beren Durchschnittsfläche der Säule trifft, in welchem a = ½ h ist, wird

$$W = \frac{f\,b\,h^3}{4h^2 + 1{,}5\,l^2 e}$$

nem Cylinder, vom Durchmesser d, dessen Stärke gegen er quadratischen Säule, wenn sein Durchmesser der Seite Querschnittes der lezteren gleich ist, sich nahe genau : 1,6 verhält, ist auf gleiche Weise in sehr genäherten en:

$$W = \frac{f\,d^4}{1{,}6\,(d^2 + 6da + 1{,}5\,l^2 e)}$$

eichen für a = 0

$$W = \frac{f\,d^4}{1{,}6\,d^2 + 2{,}4\,l^2 e}$$

für a = ½ d

$$W = \frac{f\,d^4}{6{,}4\,d^2 + 2{,}4\,l^2 e}.$$

n Formeln werden die Gröfsen b, h, l und d in jedem n Falle der praktischen Anwendung gegeben, f aber kann oben mitgetheilten Tabelle, und e aus der unten folgen- nommen werden. Auf das eigene Gewicht der Säulen ht zu nehmen ist im Allgemeinen unnöthig. Sollte es aber en, so müfste man annehmen, dafs die Biegung der Säulen ihre eigene Last in der Mitte bewirkt würde, und dafs ch die Hälfte ihres Gewichtes auf ihre halbe Länge wirk- ch der oben gewählten Bezeichnung von w und w′ wür- n gleichfalls $\frac{2w' + w}{2} = W$ seyn, die Auflösung selbst

aber auf sehr verwickelte Formeln führen. Nennt man wie oben, m das Gewicht eines zölligen Würfels des zu nenden Körpers, q aber den Flächeninhalt des Quer der Säule in Quadratzollen, so wäre w' = ½ lmq, un man hiernach für w' = 0 die Höhe einer Säule finden, gerade stark genug wäre, ihr eigenes Gewicht zu tr würde dieses auf die kubische Gleichung führen

$$l^3 + 10{,}66 \ldots \frac{d^2}{e} l = \frac{f\,d^4}{0{,}3\,e\,m\,q}.$$

Versuche über die rückwirkende Festigkeit länge len sind außer von Musschenbroek noch angestellt dur nolds [1], Navier, Rondelet und Dulbau, und in den gegebenen Werken derselben beschrieben.

B. Versuche über das Gewicht, wodurch Kör nicht großer Länge zerdrückt werden, sind verhältni nur wenige angestellt. Ueber Gußeisen hat Reynolds bekannt gemacht, noch mehrere aber stellte G. Renn welche indeß keineswegs zur Begründung eines allg Gesetzes genügen. Die von ihm erhaltenen Resultate, die Zahl der Pfunde, wodurch ein Würfelzoll zerdrüc auch hierbei auf rheinländisches Maß und Berliner reducirt, sind in der nachfolgenden Tabelle unter c au die Bedeutung von e aber ist oben angegeben.

Substanzen	e	
Schmiedeeisen	0,00071430	
Gußeisen	0,00082226	9[illegible]
Glockenspeise	0,00104167	
Messing	0,00075010	
Zink	0,00023809	
Zinn	0,00062500	
Blei	0,00208334	
Fischbein	0,00684931	
Eiche, engl. geradfibrige,	0,00232556	

1 Banks on the Power of Machines. p. 89.

2 Edinb. Encycl. art. Bridge. p. 544. Nicholsons J. X[illegible] Genauer bei Tredgold a. a. O. p. 93.

3 Phil. Trans. 1818. 1. Phil. Mag. LIII. 173.

Substanzen	e	c
Mahagoni, von Honduras,	0,00288095	—
Fichte, gelbe amerikanische,	0,00241304	—
Tanne, rothe,	0,00212766	—
— weiſse,	0,00198412	—
Lerchenbaum	0,00192308	—
Esche	0,00215517	—
Buche	0,00175439	—
Ulme	0,00241646	—
Kalkstein	—	515,0
Gebrannter Mauerstein	—	578,4
Granit	—	11229
Marmor	—	6237
Porphyr (nach Geauthy)	—	36608
Mauerstein, Portland stone	—	3838
— Craigleith stone		5650
— Dundee stone		6824

Unter diesen Angaben ist die von Geauthy ohne Zweifel etwas zu groſs, zugleich aber wären umfassende genaue Versuche gewiſs sehr wünschenswerth. Sollen die unter c mitgetheilten Gröſsen auf englische Zolle und Pfunde reducirt werden, so geschieht dieses durch Multiplication mit 0,97159, die Reduction auf Pariser Zolle und Pfunde durch Multiplication mit 1,02118, auf Centimeter und Kilogramme aber mit 0,063787.

Noch könnte hier die Festigkeit der Körper gegen Drehung betrachtet werden. Allein diese verdient, hauptsächlich wegen ihrer Anwendung, bei der Drehwaage eine besondere Untersuchung [1]. *M.*

Collectivglas.

Sammelglas; *vitrum colligens*; **verre collective.** Eigentlich ist jedes convexe Glas, welches die Strahlen näher zusammenbringt, ein Collectivglas; man versteht darunter aber vorzugsweise ein solches, das die durch ein anderes Glas schon convergent gemachten Strahlen noch stärker convergirend macht, und in einen nähern Brennpunct vereiniget [2]. *B.*

1 S. *Drehung.*

2 Vergl. *Brennglas.* I. 1205. u. *Fernrohr.*

Collector.

Collector der Elektricität, Elektricitätsammler; *Collector*; Collecteur; *Collector.*

Diesen Namen führt ein von CAVALLO erfundenes, auf d Princip der elektrischen Atmosphärenwirkung und der dav abhängigen elektrischen Vertheilung gegründetes Instrument z Entdeckung der sonst unmerklichen Grade von Elektric durch Sammlung und Verdichtung derselben, das im Gru nichts anders als eine Modification des Volta'schen Conden tors ist.

BENNET und CAVALLO bemerkten bald nach Erfindung Elektricitäts-Verdopplers oder Duplicators [1], daſs wenn m die Operation mit ihm vornimmt, auch ohne zuvor Elektric hinzuzuführen, dieses Instrument dennoch stets Elektricität ze BENNET stellte einige schätzbare Versuche an, um die Urs dieser gleichsam von selbst sich erzeugenden Elektricität Mittel gegen die daraus entspringende Unzuverläſsigkeit b Gebrauche des Duplicators aufzufinden, und CAVALLO legte Societät der Wissenschaften zu London im Jahre 1788 die schreibung eines neuen Instruments vor, welches er *Collector* oder *Elektricitätssammler* nannte und das ner Versicherung nach jener Unvollkommenheit nicht ur worfen seyn sollte.

Fig. 47 und 48 Die beiden perspectivischen Zeichnungen stellen das strument dar, die eine in dem Zustande, die Elektricität zu s meln, die andere in dem Zustande, die gesammelte Elektric bemerkbar zu machen. Die nämlichen Buchstaben bezeich dieselbigen Theile in beiden Figuren; a b c d ist eine eb Zinnplatte, 13″ lang und 8″ breit. An den kurzen Seiten dern sind zwei zinnerne Röhren a d und b c angelöthet, an beiden Enden offen sind; d e und c f sind zwei Glasfü die mit Siegellack durch Hülfe der Wärme (nicht des W geistes, welches nur eine unvollkommene Isolirung gewä überzogen sind. Sie sind in die unteren Oeffnungen der z nernen Röhren und eben so in den hölzernen Untersatz der l

1 S. *Duplicator.*

ne bei e und f eingekittet, dergestalt, daſs die Zinnplatte ch die Glasröhren vertical getragen wird, und völlig isolirt g h i l q r und n o p v sind zwei hölzerne Rahmen, welche das hölzerne Bodenstück befestigt sind, und durch Hülfe ssingener Scharniere k, m entweder parallel mit der zinnern Platte gestellt, oder geöffnet und auf das Bodenstück gelegt rden können. Ueber die innere Seite der Rahmen wird von r Mitte ihrer Höhe, wo der untere Rand der Zinnplatte gegenüber steht, Stanniol x, y mit aller Sorgfalt aufgeklebt, daſs vollkommen eben anliege. Wenn die Rahmen vertical stehen, so berühren sie die Zinnplatte nicht, sondern stehen ungefähr 0″,2 davon ab. Sie sind auch etwas schmäler als die Zinnplatte, um die zinnernen Röhren a d, b c nicht zu berühren. In der Mitte des Obertheiles jedes Rahmens befindet sich n kleines hölzernes Brett s und t mit einer messingenen Klammer, durch welche die Rahmen in der Höhe befestigt werden, und welche zugleich verhindert, daſs sie der Zinnplatte nicht zu nahe kommen können. Man sieht leicht, daſs wenn die Rahmen vertical gerichtet sind, die Flächen des Stanniols x, y gleichlaufend und parallel mit der Zinnplatte sind.

Wenn das Instrument gebraucht werden soll, so stellt man es auf einen Tisch oder einen andern bequemen Ort. Man stellt irgend ein empfindliches Elektrometer, wie das *Bennet'sche* oder *Bohnenberger'sche*, daneben, und bringt es durch einen Metalldraht mit einer von den zinnernen Röhren a d, b c in leitende Verbindung. Man veranstaltet eine andere leitende Verbindung zwischen der Zinnplatte und dem Elektricitätsquell, dessen Elektricität man in der Zinnplatte a b c d sammeln und verdichten will [1]. Nachdem diese Verbindung nach den Umständen mehr oder weniger lange bestanden hat, hebt man die Verbindung auf, und legt die Seitenrahmen einen nach dem andern nieder, worauf dann das Elektrometer durch die Divergenz der Goldblättchen, oder bei Anwendung des Bohnenberger'schen durch die Bewegung nach der einen oder andern Seite die Elektricität anzeigen wird, auch wenn ihre ursprüngliche Spannung noch so gering war, wenn nur ein hinlänglicher Vor-

---

[1] Vergl. *Condensator.*

rath von Elektricität von dem Elektricitätsquell aus, prüft, hinzuströmen konnte. Sollte jedoch die Zinn Collectors keine Elektricität durch das Elektrometer so kann man einen kleinern Collector, nämlich eine dessen Zinnplatte ohngefähr 4 Quadratzolle hat, mit platte des gröfseren, worin man zuvor auf die angege se die Elektricität angesammelt hat, in Berührun während blofs die Seitenrahmen des Letzteren ang Wenn alsdann der kleine Collector von dem gröfsere wird, seine Seitenrahmen nun erst niedergelegt wei seine Zinnplatte mit einem empfindlichen Elektrome rührung kommt, so wird dieses dann in manchen F deutliche Spuren von Elektricität verrathen, und ein fseren Collector zwar nur sehr schwach wahrgenomn tricität wird jetzt sehr verstärkt erscheinen.

Das Princip des Collectors ist ganz übereinstim demjenigen des Condensators. Der Collector ist n Wesentlichen nichts anderes als ein Condensator, be statt einer Schicht von Harzfirnifs, wie sie bei der lichen Condensatoren angewandt wird, um den Ueb Elektricität von der Collector-Platte nach der gegenü den Platte zu verhindern, und blofs die vertheilend eintreten zu lassen, eine dünne Luftschicht zu Hü men ist, welche LICHTENBERG auf eine etwas an schon früher in Vorschlag gebracht hatte. Doch s Entfernung von 0″,2 zwischen der mittleren Zinnplat beiden Seitenplatten zu grofs, und die condensirend möchte bei einer solchen Distanz kaum eine funfzi höhung der ursprünglichen Spannung der Elektrici führen, wenn auch die Elektricität aus einem unersc Quell hinzuströmte. Indessen könnte man leicht be lector die Einrichtung so veranstalten, dafs die Se etwa durch eine gezahnte Stange der mittleren Pla selbst bis auf 0,1 einer Linie genähert, und die Co von verschiedener Stärke erhalten werden könnte. I es aber in der Ausführung grofse Schwierigkeiten l vollkommenen Parallelismus der Platten, worauf es bei wesentlich ankommt, zu erhalten. Leicht werd che hölzerne Rahmen durch den Einflufs der Feuch

kenheit werfen, womit von selbst jener Parallelismus auf-
t, wenn er auch bei der ersten Einrichtung statt fand. Ue-
ns gewährt der Collector CAVALLO's den Vorzug vor dem
ähnlichen Condensator mit einer einzelnen, der Collector-
e gegenüberstehenden Scheibe, dafs bei übrigens gleich con-
irender Kraft *der einzelnen Platte* die doppelte Wirkung
orgebracht wird, weil jede Platte oder jeder Rahmen sei-
seits ein gleiches Quantum Elektricität bindet, das folglich
Zurückschlagen der beiden Rahmen zu gleicher Zeit in
eit gesetzt, die doppelte Spannung am Elektrometer geben
, vorausgesetzt, dafs die Zinnplatte ihre Elektricität aus
n unerschöpflichen Elektricitätsquell erhält, oder wenig-
einen solchen, der in Beziehung auf die gegebene Capaci-
er Zinnplatte (abhängig von der Gröfse und der condensi-
en Kraft derselben) hinlänglich viele Elektricität hergeben
, ohne dafs die elektrische Spannung des Körpers, der die
ricität hergiebt, merklich abgenommen hätte.

CAVALLO erläutert die Wirkung und den Gebrauch dieses
uments durch einige Versuche, welche auch zur Erläute-
der Wirkungsart des Condensators dienen [1]. *P.*

Collimation.

...matio; Collimation; *Collimation*; (von *collimare*
r *collineare*, nach etwas zielen; eigentlich: das Zusam-
fallen zweier Linien.) So heifst an einem Winkelmesser
Uebereinstimmung der Angabe der Eintheilung mit der wirk-
en Gröfse des gemessenen Winkels. Sie kann nur da in
acht kommen, wo die Visirlinie auf eine andere, als Nor-
ichtung angenommene, Linie bezogen wird, welche leztere
dem Instrumente mit dem Anfangspuncte der Theilung zu-
enfallen mufs. Bei den Höhenmessungen mit Quadranten
Kreisen ist dieses die *Horizontallinie*, bei den Zenithdistan-
die *Verticallinie*; bei Spiegelsextanten ist es die Richtung

1 Vergl. *Condensator*. Man findet diesen Apparat beschrieben in
os. Transact. LXXVIII. P. II. Daraus übersetzt in Grens J. I. 275.
Vergl. G. IX. 121.

des kleinen Spiegels, mit welcher diejenige des grofsen ve
chen wird. Jede Winkelmessung erfordert zwei Visirlin
bei terrestrischen Winkelmessungen wird das Fernrohr d
zwei abgesonderte Beobachtungen erst an die Richtung der
nen, dann in die der Andern gebracht; der Unterschied be
Richtungen auf der Eintheilung giebt die Gröfse des Win
zu erkennen. Hier kann also von keiner Untersuchung
Collimation die Rede seyn. Anders verhält es sich bei den
wähnten zusammengesetzten Beobachtungen, bei welche
nur einer einzigen Visirung bedarf, weil die andere, als d
die Einrichtung oder Stellung des Instruments bereits gege
angenommen wird. Fällt die Richtung des Fernrohres
dieser zusammen, so ist der Winkel Null, und der Anfa
punct des Vernier mufs sich auf dem Nullpuncte der Eintl
lung befinden. Ist dieses nicht der Fall, so hat das Instrum
einen *Collimationsfehler* (Erreur de Collimation), un
wird alle mit demselben gemessenen Winkel um ein gew
Quantum zu grofs oder zu klein angeben.

Die Bestimmung des Collimationsfehlers setzt also die Ke
nifs des wahren Winkels (der Höhe oder Zenithdistanz) -
aus, mit welcher die Angabe der Vernier verglichen we
mufs. Hierzu giebt es zweierlei Wege: Das Umwenden der
Fig. 49 strumente und die Höhenmessung mit dem künstlichen H
zonte. Gesetzt man habe mit einem Kreise die Zenithdis
AQ eines Sterns beobachtet in derjenigen Stellung, da die E
theilung gegen Osten gekehrt war. Wendet man nun das Ins
ment entweder um die verticale Axe PQ oder um die horizo
Fig. 50 HO um 180°, so dafs die Eintheilung nach Westen zu ste
kommt, so wird man das Fernrohr aus der Richtung Aa in
Lage Bb bringen müssen, um auf den nämlichen Stern zu vis
und die neue Zenithdistanz wird dem Bogen BQ gleich s
Die Alhidade hat mithin den Bogen AB durchlaufen, wel
die doppelte Zenithdistanz ausmacht. Der wahre Winkel
mithin $= \frac{1}{2}$ AB, mit welchem die abgelesenen Winkel AQ
BQ verglichen werden müssen. Zeigt das Instrument
Winkel AQ gröfser als $\frac{1}{2}$ AB, so mufs BQ um eben so
kleiner als $\frac{1}{2}$ AB seyn, und $\frac{AQ - BQ}{2}$ ist der Collimati

ler des Kreises, — für die Winkel bei ostwärts sehendem mbus, + für diejenigen in der entgegengesetzten Stellung. b die Wendung um die verticale Axe P Q oder um die horintale H O geschehe, ist gleichgültig, und hängt von der Einchtung des Instrumentes ab. Die letztere Methode, bei den anzösischen *Bordakreisen* und bei den kleinen Quaranten gebräuchlich, ist ein eigentliches *Umkehren* des Instrumentes und heifst Rectification par *renversement*. Die Wendung um die verticale Axe hingegen (rectification par *retournement*) ist auch bei gröfsern Quadranten, Mauerquadranten, grofsen Meridiankreisen, den *Bohnenbergerschen* und *Reichenbachschen* Wiederholungskreisen, und bei den Zenithsectoren anwendbar. Um an Quadranten auch bei umgekehrter Lage noch kleine Zenithdistanzen messen zu können, wurde die Theilung noch jenseit des Punctes Q um einige Grade fortgeführt. Bei grofsen Werkzeugen dieser Art konnte die Umwendung wegen mancherlei Schwierigkeiten nur selten, oft nur halbjährlich vorgenommen werden, auch bei den Kleinern wartete man gewöhnlich die folgende Culmination ab. Da aber selbst bei einem täglichen Umwenden (geschweige denn in einer Periode von Wochen und Monaten) leicht zufällige Störungen das Instrument verrücken können, so schlägt Littrow vor [1], bei Kreisen, die sich leicht und genau umdrehen lassen, die Collimation mit Hülfe des Polarsterns zu bestimmen, indem man denselben sogleich nach einander in beiden Lagen beobachtet. Bei der langsamen Bewegung dieser Sterne kann man beide Höhen leicht auf die Mittelzeit der Beobachtungen reduciren, so dafs sie als gleichzeitige Messungen erscheinen, und ihr Unterschied giebt den Collimationsfehler. Gesetzt, es seyen drei Beobachtungen in der einen Lage des Instruments, und gleich nachher drei andere in der andern Lage gemacht worden; das arithmetische Mittel aller Beobachtungsmomente sey T, und dT bezeichne die Abstände jeder einzelnen Beobachtung von dieser Mittelzeit. Zieht man von T die gerade Aufsteigung des Polarsterns ab, so erhält man seinen Stundenwinkel t. Mit

[1] Schumacher's Astron. Nachr. I. 113.

diesem, seiner Polardistanz p, und der Breite φ findet m Höhenänderung m für 1 Zeitminute durch folgende Forme

$m = 900. \text{Sin p. Sin t} \pm 900. \text{Sin p. Sin t} \times \text{Sin p.}$ (

Tang. φ; das Zeichen + gilt für die Stundenwinkel vo bis 24^h, und von 0^h bis 6^h; — für diejenigen von 6^h bi Die Werthe des erstern Gliedes gehen nicht über 26″; d Letztern bei 40° Breite nicht über 0,″30; bei 60° nicht 0,″60. Indem man nun die in Minuten und ihren Decima len ausgedrückten Zeitabstände d T mit m multiplicirt, man die Verbesserung jeder einzelnen Höhe.

Bei grofsen und festen Instrumenten, wie z. B. bei M quadranten kann das Umwenden nur selten und meist nicht nachtheilige Erschütterungen und Dehnungen des Instrum vorgenommen werden. Man nahm daher ein Instrument eben so grofsem Radius, aber kürzerm Gradbogen, den nannten *Zenithsector* zu Hülfe, der an einer verticalen befestigt, sich leicht umwenden liefs. Mit diesem beobac man in beiden Lagen einige Sterne nahe am Zenith, und glich mit dem Resultat dieser Zenithdistanzen die Angabe auf eben diese Sterne gerichteten Fernrohrs am Quadrante

Im J. 1809 gab Bessel [1] eine andere Methode an, die re *Höhe* eines Gestirns auch ohne Zenithsector zu finden dann mit dieser die Angabe des Quadranten zu prüfen. die nämliche, welche man seither auf den Sternwarten Göttingen und Greenwich angewandt hat, um an grofsen ridiankreisen mit Beseitigung des Collimationsfehlers und schwierigen Einstellung der Wasserwaage sehr genaue Hö bestimmungen zu erhalten. Sie besteht in der Anwendun nes künstlichen Horizonts, namentlich einer hinlänglich b Wasser- oder Quecksilberfläche. In diesem horizontalen gel erblickt der Beobachter das Bild des Gestirnes eben so Grade *unter* dem Horizonte, als es ihm directe gesehen demselben erscheint: der Winkel zwischen diesen beiden jecten ist die Summe ihrer Elevation und Degression; m genau der doppelten Höhe gleich. Da der Quadrant kein

1 Bode Astron. Jahrb. f. 1812. p. 148. und Monatl. Corresp. p. 87.

[...]sionen zu messen erlaubte, so schlug Bessel vor, am Fern-[...] desselben von dem Objectiv einen vorwärts geneigten [...]spiegel zu befestigen, der mit der Axe des Fernrohrs einen [W]inkel von etwa $22\frac{1}{2}$ Graden bildete, und auf der Ebene des [Qu]adranten senkrecht stand. Um mit diesem Apparate einen [Stern] zu beobachten, der in 45° Höhe stand, mufste man das [Fern]rohr auf 67°,5 Höhe stellen, wenn man seinen Erhöhungswin-[ke]l, und auf 22°,5, wenn man die Degression des Bildes im [kün]stlichen Horizonte bestimmen wollte. Der halbe Unterschied [bei]der Messungen gab die wahre Höhe des Sterns, und diese [ver]glichen mit der Angabe des Instruments bei der Beobachtung [...] den küstlichen Horizont, zeigte die Verbesserung aller [...]gen mit dieser Einrichtung gemessenen Höhen oder Zenith-[dis]tanzen. Da die beiden Beobachtungen nicht im nämlichen [Mom]ente angestellt werden können, so erhält man, wenn der [Quadr]ant im Meridian steht, die wahre Zenithdistanz Z durch [fol]gende Formel, in welcher z' die aus dem Horizonte, z die [dir]ect mit dem Spiegel beobachtete Distanz, t' der Stundenwin-[ke]l der erstern, t derjenigen der andern Beobachtung und δ die [De]clination des Strens bezeichnet:

$$Z = 90° - \tfrac{1}{2}(z' - z) - \tfrac{1}{4}\sin. 1''\,(t'^2 + t^2)\cos.\delta.\sin.\delta.$$

[E]in kleiner Fehler in der Lage des Spiegels gegen die Ebene [des] Quadranten ist, wie Bessel zeigt, von geringem Einflufs. [De]r Winkel, welchen er mit der Axe des Fernrohrs bildet, ist [will]kührlich, und kann absichtlich verändert werden, um bei [de]r directen Beobachtung die Alhidade auf andere Stellen des [Qu]adranten zu bringen, und so die Fehler einzelner Theilstri-[che] zu prüfen.

Beim Spiegelsextanten und den Spiegelkreisen mufs der [In]dex des Vernier auf Null stehen, wenn beide Spiegel einander [par]allel sind. Alsdann fällt das reflectirte Bild mit dem directe[...]nen zusammen, und man sieht nur Ein Bild. Die Ent-[fern]ung dieses Obiectes mufs aber über 5000 Fufs betragen, [dam]it nicht die Distanz der beiden Spiegel, die 2 bis 3 Zolle [betr]ägt, eine merkbare Parallaxe veranlasse. Gewöhnlich be-[dien]t man sich der Sonne zu dieser Prüfung des Nullpunctes, [un]d zwar nicht durch volle Bedeckung der beiden Bilder, son-[der]n, indem man zu beiden Seiten des Nullpuncts den Durch-messer der Sonne mifst: der halbe Unterschied beider Angaben

giebt den Collimationsfehler oder Indexfehler des Sextan
Man findet an einigen ältern Instrumenten dieser Art eine I
richtung, um durch Drehung des kleinen Spiegels den Ind
fehler ganz aufzuheben. Allein dieses Verfahren ist fehler
indem dadurch andere Strahlen, als diejenigen, welche von
Mitte des grofsen Spiegels ausgehen, in das Fernrohr reflec
werden. Besser wäre es, den grofsen Spiegel ein wenig dr
bar zu machen. Allein alle diese Künsteleien vermehren
die Wandelbarkeit des Instruments, und es ist rathsamer, ei
gröfsern beständigen Indexfehler in Rechnung zu bringen,
die Winkel durch eine unsichere von + zu — schwank
Correction unzuverlässig zu machen. Die Veränderlichkeit
Indexfehlers, über welche verschiedene Beobachter (unter
dern Rüppell [1]) Klage geführt haben, rührt hauptsächlich
mangelhafter Befestigung kleiner Schrauben und den Schw
kungen des Fernrohrträgers her, und ein solid gearbeiteter,
behandelter Sextant kann Jahre lang seinen Indexfehler bis
wenige Secunden unverändert erhalten. Bei Spiegelkreisen,
wie auch bei den oben erwähnten Wiederholungskreisen ver
det man die Bestimmung des Collimationsfehlers dadurch,
man durch abwechselndes Umwenden des Instruments den
kel bald vorwärts bald rückwärts mifst, wodurch jener
in der Lage des Index sich gegenseitig aufhebt.

Zufolge einer kurzen Nachricht [2] hat neulich Kater u
dem Namen *Floating Collimator* ein Werkzeug vorge
gen, die Collimation der Kreise zu bestimmen. Er verein
demselben die von Gauss gemachte Bemerkung, dafs man das
dennetz eines Fernrohrs durch das Objectiv desselben mit ei
andern Fernrohre sehen kann, mit der Eigenschaft der schw
menden Körper, auf einer Flüssigkeit sich immer, in jeder La
unter dem nämlichen Neigungswinkel einzusenken. Sein *Co
llimator* ist demzufolge ein Fernrohr auf einem länglic
Stück Eisen befestigt, das auf Quecksilber schwimmt, und
reichend schwer ist, um den kleinern Zitterungen zu wider
hen. Er wird auf einem Gestelle bis zur Höhe des Fernro

---

1 Corresp. Astron. IX. p. 87.
2 Corresp. Astron. XII. 89.

n Kreise, dessen Collimation man ausmitteln will, erhoben, nd demselben in zwei entgegengesetzten Richtungen gegenüber estellt. Mit unverrücktem Kreise mifst man sodann die Zeithdistanzen des Fadenkreuzes im Collimator in beiden Stelungen: ihr halber Unterschied giebt den Collimationsfehler. Die Resultate sollen sehr sicher und genau seyn. *H.*

Commutationswinkel.

Commutatio; Angle de Commutation; *Angle of Commutation.* Wenn man sich den Ort eines Planeten auf die Ekliptik projicirt denkt und von diesem projicirten Orte eine gerade Linie nach der Sonne zieht, so heifst der Winkel, den diese mit dem Radius Vector der Erde macht, der Commutationswinkel. Dieser ist also gleich dem Unterschiede der heliocentrischen Länge der Erde und des Planeten. *B.*

Comparateur.

Ein Vergleicher linearer Mafse. Die im Anfange dieses Jahrhunderts in Frankreich versuchte Einführung neuer Mafse und Gewichte, die Berichtigung und genauere Bestimmung der bestehenden in andern Ländern, und die Vergleichung der Längenmafse zum Behuf geodätischer Arbeiten, machten ein Instrument nothwendig, durch welches solche Mafse mit aller nur erreichbaren Genauigkeit unter sich verglichen werden konnten. Hierzu dienen alle diejenigen Mittel, welche zur Messung kleiner Verlängerungen bei den pyrometrischen Untersuchungen zur Sprache kamen [1]; vorzüglich *Fühlhebel*, *Mikrometerschrauben*, und *Mikroskope.* Zugleich ist hierbei die Art zu berücksichtigen, in welcher ein Mafs gegeben wird. Ein Längenmafs kann nämlich die *ganze Länge* eines Stabes einnehmen, so dafs die Endkanten die Grenzen des Mafses sind; es kann aber auch *auf* einem Stabe durch feine Puncte oder Striche bezeichnet werden. Die Franzosen nennen das Erstere *étalon à bouts*; das Letztere *étalon à traits.* Jene waren früher von allgemei-

---

[1] S. *Ausdehnung.*

Fig. 51 nerem Gebrauch. Der Stab AA′ wurde genau in einem an Stab BB′b eingepafst, dessen Enden unter einem rechten W kel scharf umgebogen waren. Beide Lineale waren genau gleicher Dicke, so dafs ihre Berührung bei cd eine scharfe L bildete. Die Schwierigkeit, solche Stäbe auf die erforderli Länge und nach allen Seiten ganz winkelrecht auszuglei die Klemmung und Federung, die bei diesem Einpassu systeme unvermeidlich sind, und die leicht mögliche V letzung der scharfen Enden scheinen der Methode, durch Striche die Grenzen eines Mafses zu bezeichnen, einige wes liche Vorzüge einzuräumen.

Das erste Werkzeug, zur Vergleichung der Mafse, w von Lenoir, im J. 1792, verfertigt. Es bestand aus einem ken messingenen Lineal von 13 Fufs Länge, mit einem Sc ber, auf welchem Zehntausendtheile der Toise (etwa $\frac{1}{12}$ Li gezogen waren. Mit Hülfe von Verniers, die in verschied Zwischenräumen am grofsen Lineal angebracht waren, kon man noch Zehntheile jener Eintheilung oder $\frac{1}{100000}$ der T (etwa $\frac{1}{116}$ Lin.) ablesen, und die Schärfe der Striche er noch Milliontheile durch Schätzung zu bestimmen. Mit d Instrumente hatten Borda und Lavoisier die Länge de pfer- und Platinstäbe, die sowohl zur Basismessung als f Bestimmung des Secundenpendels dienten, bestimmt. Di führung des metrischen Systems, im J. 1802, machte noch gröfsere Genauigkeit wünschbar, und Lenoir erreichte durch Anbringung eines Fühlhebels, dessen kürzerer Sch den eben erwähnten Schieber berührte, während dem der l auf einem in 100 Theile getheilten Kreisbogen, vermittelst Verniers, Milliontheile der Toise angab. Die Axe dieses H war vertical, und ging zwischen zwei Spitzen; eine stark der drückte den längern Hebel auf den Anfang des Sectors rück [1]. Später verfertigte Lenoir noch ein zweites Instru dieser Art, das eine Genauigkeit von $\frac{1}{2000}$ Lin. gab, und ches ihm bei Gelegenheit einer öffentlichen Ausstellung die dene Medaille erwarb.

---

1 S. die Beschreibung und Abbildung dieses Comparateurs in Base du Système métrique III. 447. u. Bibl. Britan. XIX. 301.

Ungefähr um die nämliche Zeit brachte PICTET einen an-rn Vergleicher aus London nach Paris, den man einen *Diop-ischen Stangencirkel* nannte, weil er zwei parallel ste-nde Mikroskope enthielt, die an einem messingenen Stabe rmittelst Hülsen, wie die Spitzen eines Stangencirkels ver-hieblich waren. Im Brennpuncte der Mikroskope befand sich in Querfaden, welcher durch eine Mikrometerschraube ver-schoben werden konnte, die $\frac{1}{10000}$ des englischen Zolles, (et-wa $\frac{1}{100}$ der Par. Linie) angab. Mit diesem Werkzeuge be-stimmte damals PRONY das Verhältnifs des Meters zum Engli-schen Fufs, und zur Toise von Peru, übereinstimmend mit den Angaben des Comparateurs von LENOIR.

Mehrere Jahre später gab PRONY [1] ein Instrument an, bei welchem nur ein Mikroskop nebst einer feinen auf Glas geritzten Scale gebraucht wird, die Hunderttheile von Millimetern an-giebt. An dem einen Ende eines Messingstabes befindet sich ein festes Anhaltstück von Stahl, mit welchem die Endkante des zu vergleichenden Mafses in Berührung gebracht wird; am andern Ende ist das Glasmikrometer befestigt, auf welches die Axe des Mikroskops gerichtet ist. Der Träger des Mikro-skops läfst sich durch eine Schraube nach der Richtung des Sta-bes verschieben, um den Kreuzfaden im Brennpuncte des Ob-jectivs auf den Anfangsstrich des Mafsstabes richten zu kön-nen. Man legt alsdann das Urmafs auf den Stab, stemmt es gegen den Pfosten am Ende desselben, und bringt den Querfa-den des Miskroskops auf den Theilstrich, der die Grenze des Mafses bezeichnet. Nach Hinwegnahme desselben bemerkt man die Stelle des Querfadens in dem Glasmikrometer, wel-ches zwischen dem Objectiv und dem Erleuchtungsspiegel sich befindet. Das zweite Mafs, auf die nämliche Weise hingelegt, wird, wenn es mit dem Erstern nicht übereinstimmend ist, eine Verschiebung des Mikroskops nöthig machen, und diese wird nach Hinwegnahme des Mafses die Zahl von Hunderttheilen des Millimeters auf der Glasscale angeben, um welche der Querfaden des Mikroskops versetzt werden mufste. PRONY rühmt die Wohlfeilheit und Tragbarkeit dieses Apparats, der

1 S. die höchst undeutliche Beschreibung aus einer Engl. Zeit-schrift in G. LII. 329.

in ein Futteral von der Gröfse eines Quartbandes verpackt w
den könne.

Aehnlich mit dem oben beschriebenen Vergleicher Pict
von Troughton, ist derjenige, mit welchem im J. 1818 Ka
die Länge des Secundenpendels und die Gröfse zweier von
ris erhaltener Meter untersuchte [1]. Zwei Mikroskope von et
20maliger Vergröfserung an ein Brett von trocknem Mahago
holz von etwa 4 F. Länge, bei 5 Z. Breite, und 3 Z. Dicke, in
gehörigen Entfernung festgeschraubt; sie trugen sich sch
durchkreuzende Spinnefäden in ihrem Brennpuncte, und
Kopf der Mikrometerschraube, durch welche diese versch
wurden, war in 100 Theile getheilt. Versuche durch di
Ausmessung, auf einer in Zehntelzolle eingetheilten Scale,
ben 233,63 Umläufe auf den Zoll, so dafs also das Mikrom
$\frac{1}{23363}$ des Zolles, (etwa $\frac{1}{1800}$ einer Par. Linie) angab. N
dem man durch gehörige Entfernung des Mikroskops vom
ject jede optische Parallaxe beseitigt hatte, gaben verschie
Einstellungen des Fadenkreuzes, auf eine unterlegte feine L
immer das nämliche Resultat, so dafs man gewifs war,
durchs Mikrometer angegebene Grenze der Genauigkeit zu
reichen. Endlich wurden die Gänge der Schraube untersu
indem man die unter das Mikroskop gelegte Distanz zweier
nien (von etwa $\frac{1}{4}$ Lin.) mit 20 verschiedenen Stellen der Schr
mafs. Die Gröfse der Gänge war, wie dieses meistens der
ist, allerdings zunehmend, doch so, dafs auf etwa 50 Gänge
Ungleichheit nur $\frac{1}{100}$ eines Ganges betrug. Der zu vergl
chenden Meter waren zwei; ein Mètre à bouts aus Eisen, u
ein Mètre à traits aus Platin, beide mit dem Namen des Verfe
tigers Fortin. Das Erstere hielt 39,37076 engl. Zolle n
Shuckburgh's Scale gemessen, das Letztere 39,37081 bei
Wärme. Sechszehn Jahre früher hatte Prony die Länge
Mètre nach dem von Pictet gebrachten Etalon, das eine C
desjenigen von Shuckburgh seyn sollte, zu 39,3827 Engl. Z
len bestimmt.

Den hier gelieferten Beschreibungen zufolge, scheint
engl. Comparateur mit zwei Mikroskopen, von denen das

[1] Philos. Transact. for 1818. p. 49 u. 103. im Auszuge in d. Bi
Univers. X. 1.

.. *beweglichen* Faden mit möglichst feiner Mikrometer-
..aube enthalten mufs, das vorzüglichere Instrument zu seyn.
..t auf beide Arten der Mafsbegrenzung, (mit Strichen oder
..h Kanten) anwendbar, dahingegen der Fühlhebel nur bei
Letztern gebraucht werden kann. Sollte die Messung der
..n, durchs Mikroskop, einige Schwierigkeit darbieten, so
..sich diese leicht beseitigen, wenn man nach Kater ein
.. so scharfkantiges Metallstück von gleicher Dicke an das
..des Stabes andrückt, da dann die feine Fuge als ein Strich
..eint. Wesentlich ist beim Gebrauch dieses Instruments
Entfernung aller Parallaxe. Diese erreicht man dadurch,
..man den Abstand des Objects vom Mikroskop so lange ver-
..t, bis ein Punct desselben immer vom Faden bedeckt
.., wenn man auch das Auge vor dem Ocular hin und her
..t. Wie man nach Prony mit einem einzigen Mikroskop
..stanz zweier Endstriche eines Mafses messen könne, ist
..tens aus der gegebenen Beschreibung nicht deutlich zu
..n[1]. *H.*

Compafs.

..ssole; *Pyxis nautica*, *Versorium;* Boussole;
..*pafs*. Die horizontal schwebende Magnetnadel in einem
..n eingeschlossen, und mit einer Kreiseintheilung verse-
.. Er dient um die Abweichung irgend einer Richtung von
..gen des magnetischen Meridians anzugeben, und ist durch
Eigenschaft der unentbehrliche Wegweiser der Seefahrer,
.. bequemes Werkzeug für den Landmesser geworden.
Wann, und von wem der Compafs erfunden worden sey,
..bekannt. Fauchet[2] führt einige Verse aus dem Roman
..r Rose des Guiot de Provins an, eines Dichters, der im
1181 am Hoflager Kaiser Friedrichs I. zu Mainz sich be-
..n welchem des Magnets, unter dem auffallenden Namen
..tte, „als eines häfslichen schwarzen Steines gedacht
.., an den das Eisen sich gern anlege." Gemeiniglich legt

---

[1] Die einfachste Einrichtung solcher mikrometrischen Mikroskope ..n im Art. *Mikrometer*.

[2] ..in s. antiquités: Origine de la langue et poésie française.

man die erste Erfindung dem Flavio Gioja, einem Neapoli
ner zu, der ums Jahr 1302 lebte; wirklich soll sein Geburt
einen Compafs im Wappen führen. Er theilte seinen Comp
in acht Striche. Gilbert jedoch behauptet, der Venetia
Marco Polo habe den Compafs aus China gebracht; und wi
lich bedienten sich früher die Venetianer der nämlichen E
richtung, wie vordem die Chinesen, nämlich den Magnet
einem Stück Kork schwimmen zu lassen. Nach Fournier [1]
der Name *Calamita*, der sonst dem Magnet beigelegt wird,
nen grünen Frosch bezeichnen, weil man schon im 12ten Ja
hundert den Magnet auf Kork oder Strohhalmen auf dem W
ser schwimmen liefs. Die Chinesen theilen ihren Compafs
24, die Japaner in 12 Theile. Der Aufschwung, den die Sch
fahrt gegen das Ende des sechszehnten Jahrhunderts erh
brachte auch diesem Gegenstande bedeutende Verbesserun
Besonders trug dazu die Entdeckung der magnetischen Ab
chung, und die, auf den Glauben an ihre Unveränderlichkeit
gründete Hoffnung, durch sie die Längen zur See zu fin
wesentlich bei [2]. Doch wurden schon damals, im 16ten Ja
hundert, die Compasse nicht blos nach *Strichen* oder *Rhum*
sondern nach Graden und halben Graden eingetheilt, und
Dioptern versehen; auch beobachtete man, gröfserer Gen
keit wegen, zugleich mit mehreren Compassen [3]. Mehrere
tionen machen Anspruch auf die Ehre, an dieser wichtigen
deckung etwas gethan oder verbessert zu haben. Die Itali
rühmen sich der Erfindung, die Engländer haben die sch
bende Aufhängung des Seecompasses angegeben, von den
ländern kommen die bequemen Namen der Weltgegenden
der Windrose her, und Franzosen wollen wenigstens die I
welche man dem Nordstriche beisetzt, gegeben haben.

---

1 Hydrographie 2de Ed. p. 399.

2 S. *Abweichung*.

3 Siehe die Bemerkungen in dem Routier aux Indes Orient
des Portugiesischen Piloten Alexis da Motta vom Jahr 1575, u
der Reise des General Beaulieu nach Ostindien, im Jahr 1620, de
sechs Compassen beobachtete. Thevenot, Relation de divers vo
curieux, qui n'ont point été publiés. Paris. 1672. fol. Vol. II.

Einrichtung des Compasses.

Je nach den verschiedenen Anwendungen ist die äufsere Einrichtung des Compasses verschiedenen Veränderungen unterworfen. Man unterscheidet nämlich den Schiffscompafs, den Azimuthalcompafs, den Compafs der Ingenieure, und denjenigen der Bergleute. Bei allen ist *die Nadel* in ihrer Mitte mit einem Hütchen versehen, welches auf der Spitze eines aufrechten Stiftes, den man zuweilen den Gnomon heifst, schwebt. Die innere Höhlung dieses Hütchens ist meist konoidisch, um eine allzustarke Excentricität der Nadel zu verhindern; und der Unterstützungspunct kommt ein wenig über der Ebene der Nadel zu liegen. Einzig die Chinesen bringen die Nadel, die freilich meistens nur in einem Stück Stahldraht besteht, oberhalb des Hütchens an. Das Hütchen selbst ist entweder von hartgeschlagenem Messing, oder von Achat. Die Erstern werden häufig von der Gnomonspitze zerkratzt, die Letztern stumpfen diese Spitze allmälig selbst ab: es ist daher nöthig, von Zeit zu Zeit den einen oder andern Theil nachzubessern, wenn die Empfindlichkeit des Instruments sich nicht verringern soll. Wie beim Ingenieurcompafs beides vermieden werden könne, wird unten gezeigt werden. Fig. 52.

Der gewöhnliche *Schiffscompafs*, *Steuercompafs*, *binnacle-compas* ist in einem viereckigen hölzernen Kasten eingeschlossen, der oben mit einem Glasdeckel versehen ist. Wegen der starken Schwingungen des Schiffes, ist es nöthig, die Nadel mit einem cylindrischen Gehäuse von Kupfer zu umgeben, das nach Art der Cardanischen Lampe, zwischen zwei Ringen, aufgehängt ist. Der äussere Ring bewegt sich an den zwei, im Kasten befestigten Stiften, um die Axe AB; der innere, welcher den Compafs selbst umschliefst, um die winkelrechte Axe ED. Man hat auch sogenannte Sturmcompasse, bei welchen das cylindrische Gehäuse beträchtlich länger, und unten mit Blei beschwert ist, um langsamere Schwingungen zu machen. Bei allen Schiffscompassen ist die Nadel durch eine kreisförmige Papierscheibe bedeckt, welche die *Windrose* heifst. Damit diese nicht durch die Sonne, oder Feuchtigkeit sich krümme, wird sie auf ein Stück Russisches Marienglas geklebt, das auch von der untern Seite mit Papier

Fig. 53.

Fig. 54.

belegt wird. Diese Windrose trägt am äuſsersten Rande
gewöhnliche Theilung von 360 Graden; innerhalb dieser ab
die durch fortgesetzte Halbirung des Kreisbogens entstanden
32 Abtheilungen, oder Rhumben, Striche, deren jeder $11\frac{1}{4}$ Gr
faſst, und die in der Anwendung oft auch noch halbirt werd
Sie werden durch bestimmte Zeichnungen und Benennungen u
terschieden, welche aus den Namen der vier Hauptpuncte
Horizonts, Nord, Süd, Ost und West, zusammengesetzt werd
Dabei ist zu bemerken, daſs man immer von den Endpunct
des Meridians, von Nord und Süd ausgehend, nach Osten u
Westen hinzählt. So heiſst der Rhumb, welcher zwisch
Nord und Ost in der Mitte liegt (45° von Norden ab) Nordo
(N. O.) Die Mitte zwischen diesem und Nord, ($22\frac{1}{2}$° von No
Nordnordost (N. N. O.); die folgende Halbirung ($11\frac{1}{4}$° v
Nord) gibt Nord in Osten (N. i. O.); entsprechend heiſst
Winkel zwischen Ost und Nordost ($67\frac{1}{2}$° v. Nord) Ostnord
(O. N. O.) und der folgende ($78\frac{3}{4}$° von Norden abstehend)
in Norden (O. i. N.). Werden halbe Striche berücksichtigt,
fügt man, der angegebenen Bezeichnung nach, denjenigen
men der vier Hauptgegenden bei, nach welchem jene hinw
z. B. für den Rhumb von $50\frac{5}{8}$° sagt man Nordost zum O
halb Nord. (N. O. z. O. $\frac{1}{2}$ N.); für 34°$\frac{3}{8}$ (O. z. N. $\frac{1}{2}$ N.); fü
(N. $\frac{1}{2}$ O.). Dieser Anordnung gemäſs zählt und benennt
auch die Striche von Norden nach Westen, und ebenso von
den nach Osten und Westen. In dem Gehäuse des Comp
ist auf der Seite vom Centrum zum Vordertheil des Sch
hin, auf weiſsem Grunde, ein verticaler schwarzer Strich
bracht; und mit diesem hat der Steuermann beständig den
aufgegebnen Strich in Berührung zu halten. Man hat
Compasse, an welchen der Boden des Gehäuses von Glas,
die Windrose unterhalb aufgeklebt ist; der Compaſs hängt
der Decke der Cajüte des Capitains, und zeigt diesem, ob ric
gesteuert wird.

---

[1] Die unnöthige Einführung des Buchstabens O, oder Ou,
West im Französischen, und der Gebrauch des nämlichen Buchst
O für Ost im Deutschen, kann selbst bei Aufzeichnung meteorolog
Beobachtungen Undeutlichkeiten veranlassen. Es wäre zu wün
daſs man sich über eine gleichartige Bezeichnung z. B. die Englisch
W. S. N. vereinigte.

Ungleich sorgfältiger ist der *Azimuthalcompaſs* aus- Fig. 55.
ſtet. Er steht auf einem Stativ mit drei Füſsen; und ist
ſalls zwischen zwei Ringen aufgehängt. Am obern Rande
s kupfernen Gehäuses sind zwei Absehen V V' angebracht,
welchen nach der Sonne visirt wird [1]. Die Nadel trägt
Windrose, sondern einen möglichst leichten versilberten
s von Messing, der in einzelne Grade eingetheilt ist. Seit-
s bei d ist ein Drücker angebracht, mit welchem der Beob-
r diesen Kreis feststellt, indem er den cylindrischen Strei-
der unten bei c in einem Gelenke geht, an denselben an-
kt; eine Methode, welche ganz dazu gemacht ist, durch
Seitwärtsrutschen der nicht ganz leichten Nadel auf der
onspitze die Schärfe der letztern abzuschleifen.
Unschädlicher, und doch zureichend möchte folgende Con-
tion seyn: A a ist der Gnomonstift, der bis nach a genau Fig. 56.
drisch, und glatt polirt ist. Er ist von der messingenen
F umgeben, die durch ihr Gewicht beständig auf dem
l DE ruht, welcher durch den Pflock C gegen tieferes
n geschützt ist. Der Rand der untern Oeffnung des Hüt-
s H ist kugelförmig abgeschliffen, nach einem Radius, des-
Centrum im Berührungspunct mit der Gnomonspitze sich
den würde. Von demselben Centrum ist auch die obere
che Fläche des Hütchens gebildet, so daſs dieses auch
den stärksten Schwankungen niemals an den concaven, nach
nämlichen Radius, geformten Wölbungen der nahen Stücke
d B anstoſsen kann. Das Stück B läſst sich vermittelst
Schräubchens m in dem Cylinder M feststellen, welcher
eder in das durchbohrte Deckglas des Gehäuses festge-
ubt, oder besser noch, in einer oben über gehenden Quer-
solid befestigt ist. Will man nun die Nadel abstellen,
darf es nur eines kurzen Druckes am Hebel DE, des unter-
les Zapfens Z angebracht ist, um vermittelst der Hülse F
ütchen H an die Schale von B festzudrücken. Die Grade ab-

---

[1] Capt. KATER hat vorgeschlagen, statt des Fadens der einen
r einen cylindrischen Glasstreifen einzusetzen, von derjenigen
ang, daſs das Sonnenbild, auf der andern, als eine helle feine
ie sich entwerfe. Diese Diopter würde alsdann nur für Sonnen-
chtungen taugen.

zulesen, möchte auch bei dieser Gattung von Compassen die v
Kater vorgeschlagne Methode die beste seyn, indem man v
der Oculardiopter einen um 45° geneigten Spiegel anbrin
und durch ein convexes Ocular die erforderliche Deutlichk
bewirkt. Auch hat es keine Schwierigkeit, seitwärts bei N e
nen versilberten Kugelstreifen zu befestigen, durch dessen Mi
eine feine verticale Linie gezogen ist, und der, ohne den Gra
bogen zu berühren, doch demselben so nahe gerückt ist, da
bei einiger Sorgfalt keine Parallaxe entstehen kann. Bei S
auswendig am Gehäuse ein Schieber angebracht, welcher d
Hebel ED herabdrückt, um wenn der Compafs nicht gebrau
wird, die Nadel von der Gnomonspitze abzuheben.

Der *Compafs zum Aufnehmen*; (Boussole d'a
penteur; *Military compas*) unterscheidet sich von dem v
rigen dadurch, dafs die Eintheilung nicht an der Na
sondern am Gehäuse befestigt ist. Ein feiner Strich an d
beiden Enden der Nadel schneidet die Grade ab. Diese Einri
tung findet auch bei einigen Theodolithen statt, an welchen d
Boussole meist unnützer Weise angebracht ist, und die Anw
dung stählerner Schrauben und Zapfen unzulässig macht.
Compafs ist ebenfalls mit Dioptern, oder einem Fern
versehen; das Gehäuse ist niedrig; die freie Aufhängung
weg; nur das Stativ bleibt. Die Eintheilung geht hier una
brochen von Nord über Osten von 0° bis 360° fort. Eine
sondere Verbesserung hat hier der Compafs durch die von K
ter vorgeschlagene Einrichtung [1] erhalten, vermöge wel
der Beobachter das Object und die Eintheilung zugleich s
so dafs er des Statives, so wie des Gehülfen entrathen kan

Bei allen diesen Compassen wird wegen der stärkern
schütterung des Landtransportes die Nadel durch einen
bel von der Spitze abgehalten, der, wenn man beobachten
ausgelöst wird. Meistens fällt bei dieser Operation die N
mit einer Geschwindigkeit nieder, welche die Spitze abstu
Die innere Höhlung des Hütchens ist zur Vermeidung der

1 Statt des Spiegels und der Linse hat der Opticus Sch
kalder ein rechtwinklichtes dreiseitiges Prisma angebracht, des
eine Kathetenfläche convex geschliffen ist. S. Fig. 57.

ntricität so enge, daſs eine nachtheilige Seitenreibung an der pitze kaum zu vermeiden ist. Schon lange ist daher der Comſs als ein sehr unzuverlässiges Hülfsmittel zum Aufnehmen igesehen, und manche Unregelmäſsigkeit, die vielleicht von rtlichen Anziehungen, z. B. auf dem Schiffe von den nahen senmassen [1] herrührte, mit vieler Wahrscheinlichkeit dem istrumente selbst zugeschrieben worden. Durch folgende Contruction wird diesen Mängeln abgeholfen.

AB ist eine Dose von reinem Messing oder Kupfer, V und Fig. 58. P sind die beiden Dioptern, die erstere mit einem gläsernen isma P versehen. Beide lassen sich zur bequemern Ein- Fig. 57. ckung niederklappen; die Oculardiopter V ist aufwärts verhiebbar, um das vergröſsernde Prisma so zu stellen, daſs man e Eintheilung auf dem getheilten Kreise deutlich sieht. In m Boden der Dose ist der genau cylindrische, oben fein zugeitzte stählerne Gnomon G eingeschraubt. An ihm gleitet die Fig. 59. ssingne Hülse ohne Reibung oder Schlotterung auf und nie- r. Sie ist oben konisch abgedreht, und hat noch einen horiintalen Ansatz, auf den das Hütchen H der Nadel genau sich paſst. Der durch eine Schlitze in der Seitenwand der Dose rausragende Hebel DE führt vermittelst des Stiftes s die Fig. 60. lse am Gnomon auf und nieder: eine starke silberne Feder drängt ihn beständig aufwärts, so daſs die Nadel immer ausgelöst ist. Während der Beobachtung drückt man bei E den bel sanft niederwärts, wodurch das Hütchen mit der Spitze Berührung kommt. Die inwendige Fläche des Hütchens ist s glashartem Stahl, oder Achat, nur wenig concav, und auf s feinste polirt. Eine leise Bewegung des Fingers am Hebel i E reicht hin, jeden Augenblick die Nadel in ihrem wahren ntrum aufzusetzen, wenn die Fläche des Hütchens auf der pitze sich etwas verschoben haben sollte. Besonders vortheilaft ist diese Einrichtung, um beim Beobachten die Nadel bald r Ruhe zu bringen. Man darf nämlich nur in der Mitte einer hwingung den Hebel loslassen, und dann sanft wieder niedericken, um kleinere, bald aufhörende Schwingungen der Nadel erhalten. Ein kleiner Schieber bei B dient, theils um den Fig. 59 u. 60.

---

1 S. *Ablenkung*.

Hebel niederzuhalten, wenn man die Boussole auf eine fest hende Unterlage gesetzt hat, oder auch beim Transport der ben beständig aufwärts zu drücken. Das übrige ist, wie den meisten Schmalkalder'schen Boussolen. Die Visirlinie det mit der Richtung des Hebels einen rechten Winkel, und Prisma befindet sich links vom Hebel, so daſs sein Ende E der rechten Hand berührt werden kann.

Die Gradeintheilung ist nicht gezeichnet, sondern der druck einer auf der Theilmaschine eingetheilten Kupferpl nicht zur Bequemlichkeit des Künstlers, sondern, weil Striche feiner und gleicher werden. Der Abdruck ist auf kem sogenannten Bristol-Papier gemacht, das vorher gl d. h. mit stark gummirtem glänzendem Kreidegrund überz wurde, so daſs es beim Abdrucken nicht befeuchtet wer muſs, also auch, wie die Versuche gezeigt haben, nachher im Mindesten sich verzieht. Die (verkehrt gezeichneten) Z len auf dem getheilten Kreise gehen von der Linken zur R ten fort. Daſs auch hier jeder Bestandtheil der messinge Boussole sorgfältig an einer empfindlichen Compaſsnadel prüft werden müsse, ist wohl kaum nöthig, zu erinnern.

Ein solcher Compaſs, nur von drei Zollen Durchme giebt einen Winkel bis auf etwa 5 bis 10 Minuten an. Für Bestimmung der magnetischen Abweichung dürften die Dim sionen wohl aufs Doppelte getrieben, und wenn man will, der Dioptern ein Fernrohr angewendet werden. Dann aber muſs man das Instrument auf ein Stativ setzen. Auch nem Beobachter zur See sollte diese vergröſserte Boussole[1] des gewöhnlichen Azimuthalcompasses gute Dienste leisten, dem er mit derselben diejenige Stelle auf dem Schiff aufsu könnte, welche den Störungen des Schiffeisens am wenig ausgesetzt wäre. Nach Capt. Claverings Versuchen auf Schiffe Griper[2] hat zwar ein Compaſs, im Mastkorbe au stellt, noch Fehler, die bis auf 18 Grade gingen; allein es mö

1 Begreiflich muſs für diesen Zweck die Höhlung des Hütc nicht so flach seyn, wie für den Gebrauch auf dem Lande; doch i mer bedeutend weniger concav, als bei den bisherigen Boussolen.

2 Vergl. *Ablenkung*.

leine Stelle in mittlerer Höhe, z. B. in den Wandtauen, von den Anziehungen noch entfernter seyn.

Um die Ingenieur-Boussole zum *Repetiren* einzurichten, f es nur einer beweglichen Diopter, welche zwischen eiim magnetischen Nord befindlichen Gegenstand, und dem st, dessen magnetisches Azimuth man bestimmen will, hinhergedreht wird. Man bringt zu diesem Ende eine zweite trische Diopter unterwärts an der Dose an, welche um ein um sich dreht, und mit der obern Diopter übereingestellt kann; oder man macht diese obere Diopter selbst beich, indem man auf dem über dem Deckglase eingestrengling einen durchbrochenen Steg befestigt, und in dessen die Centrumbewegung anbringt. Man richtet nun den afs und seine Dioptern so, dafs er genau auf Null zeigt, me nach dem magnetischen Nord gerichtet sind, und bet sich einen kenntlichen Gegenstand in dieser Richtung, pflanzt, in Ermangelung desselben, einen weifsen Stab in ichender Entfernung daselbst auf. Nun dreht man die Boussole, mit unverrückter Diopter, nach der rechten um, bis man den zu bestimmenden Gegenstand in der beichen Diopter erblickt. Sobald man den Faden auf das t eingestellt hat, führt man bei unverrückter Boussole die iche Diopter auf die Marke zur Linken im Norden zu-Mit diesen Wechselbewegungen wird nach Belieben fortm, wobei man nur im Sinne behalten mufs, dafs bei der ng *zur Rechten die ganze Boussole*, und wenn man *links* nur die *bewegliche Diopter allein*, bewegt werden müsse. der letzten Beobachtung rechts, liest man durchs Prisma, bei der gewöhnlichen Boussole durch eine bei der Ocularr angebrachte Loupe die Grade und Zehntelgrade der Einng ab, und dividirt sie durch die Zahl der auf den Gegengemachten Beobachtungen. Da man die Stellung der fsnadel nur bei der ersten und letzten Beobachtung in m nehmen hat, so geht die Operation sehr schnell von n. Dafs hierbei das Instrument auf einem Stativ sich bea müsse, bedarf keiner Erinnerung. Diese Boussole eignet vorzüglich zur Bestimmung der magnetischen Abweichung andreisen, indem man entweder auf einen Gegenstand videssen astronomisches Azimuth man auf anderm Wege aus-

gemittelt hat, oder auch wohl mit Zuziehung der wahren das magnetische Azimuth der Sonne selbst beobachtet. B man (nach Katers Vorschlage) statt des Prisma eine Loupe geneigtem Spiegel an, so läfst sich auch eine Art Fernrohr diesem Apparat verbinden.

Der Compafs der Bergleute, der *Markscheiderco pafs* unterscheidet sich, von dem bisher angeführten, zig dadurch, dafs er nicht in Striche oder Grade, sond *Stunden* eingetheilt ist; man zählt nämlich von N nach Süden zwölf Stunden, und eben diese Eintheilung von Süden nach Norden zurück; nur in Ungarn soll man Delius [1] bis vier und zwanzig zählen, so dafs dort 13, 14 w. zu stehen kommt, wo wir 1, 2 u. s. w. setzen. Jede d Stunden wird noch in acht Theile getheilt, von denen man Dritttheile zu schätzen sucht. Eine Stunde beträgt mithin Grade, und jeder Theil 1° 52′,5. Die Schweden theilen Grubencompasse in gewöhnliche Grade ein, die sie von Endpuncten des Meridians nach Ost und West bis auf 90° len; ähnlich dem Schiffscompafs [2].

Weil die Abweichung der Magnetnadel in vielen Gege der Erde noch nicht genau bestimmt ist, ihre Kraft in ei nördlichen Regionen fast verschwindet und dann auch Ba low's Platte ihre Wirkung versagt, so hat man neuerdings nen Compafs erfunden, bei welchen die Richtung der Magn nadel durch unveränderliche Erscheinungen am Himmel con trolirt wird, und einen solchem 1824 der Nordpolexpedit zur Probe mitgegeben. George Graydon, der Erfinder dess ben, nennt ihn *Celestial Compass, adaptet for ascertaining Deviation of Magnetic Needle, by simple Inspection, in Part of the World; for finding the Latitude when the Ho zon is obscured; and for steering Ships without Magn Aid* [3]. Die allerdings etwas complicirte Construction die interessanten Apparates ist folgende: AB ist ein Zifferblatt, eine hohle metallene Halbkugel C geschroben, welche auf zwe

Fig. 61.

1 Casp. Trg. Delius Anleitung zur Bergbaukunst. Wien, 1806.

2 S. Lempe's Markscheidekunst. 1782. 8. pag. 94.

3 Phil. Mag. LXV. p. 358. Es wird hier angegeben, dafs die Compasse bei Warre and Brothers, 13, Austin Friars zu haben sind

n c, c in dem metallenen Ringe DD ruhet. Letzterer ist
falls auf den Axen d, d beweglich, welche durch die Trä-
E, E getragen werden, deren Füfse auf der metallenen
e F G festgeschroben sind, und diese ist wieder um eine
im Mittelpuncte des Standbrettes HI beweglich. Die be-
che Platte F G zeigt die Cardinalpuncte, und ist aufserdem
ssern Rande in Grade getheilt, auch bei I mit einem auf
tandbrette festsitzenden Nonius versehen. An den Zapfen
c hängt vermittelst zweier gespaltener Arme, deren einer
bar ist, die schwere Metallplatte KL beträchtlich unter
chwerpuncte des halbkugelförmigen Gefäfses C, so dafs
, und namentlich das Zifferblatt desselben, stets in hori-
ler Lage erhalten wird. Auf diese Platte ist der Arm K
al aufgeschraubt, mit einem Nonius k an seinem oberen
, vermittelst dessen sich Theile der Grade des getheilten
anten g h an dem Gefäfse C ablesen lassen, wenn dasselbe
ttelst der Mikrometerschraube n, welche in einen Schrau-
ng eingreift, in die Höhe geschroben wird. In einem
m, an der unteren Fläche der Platte KL, befinden sich
Planspiegel m m, welche einen ausspringenden Winkel mit
der bilden, und dazu dienen, um das Instrument horizon-
stellen, indem die Bilder von zwei im Horizonte befind-
Gegenständen durch die Reflection in eine horizontale
, oder in eine mit den Rändern der Spiegel parallele Linie
müssen; die horizontale Lage der Platte KL wird aber
das Anziehen oder Lösen der Schrauben an den Axen
t, auf welchen das halbkugelförmige Gefäfs im Ringe D
ngen ist. Letzteres hat aufserdem ein Gegengewicht im
, vermöge dessen der Schwerpunct desselben sehr nahe
Mittelpunct der Kugel fällt, wovon es einen Theil aus-
, und wird aufserdem durch die Kugel Z so balancirt,
ine Bewegung um die Zapfen c c seinen Schwerpunct
merklich verrückt.

Will man mit diesem Compafs die Abweichung der Ma-
del finden, so läfst man das gerade Sonnenlicht entweder
die Kreuzfäden oder durch eine Linse im Brettchen O ge-
e mit einem Kreuze versehene elfenbeinerne Fläche P fal-
nd indem der Schatten der Kreuzfäden oder der Brenn-
der Linse auf den Durchschnittspunct der beiden Linien

auf der elfenbeinernen Fläche P fallen mufs, so wird die Ric
tung hierdurch angegeben. Das Zifferblatt auf C ist nämlich
24 Stunden oder 360 Grade getheilt und mit einem Stund
oder Index-Arme E versehen, dessen eines Ende als Nonius g
theilt ist, um die Grade auf dem Zifferblatte abzulesen.
Centro des Zifferblattes ruhet der Rahmen P auf einer Säule, d
trägt die elfenbeinerne Platte q mit Kreuzschnitten oder Kre
fäden, am Ende auf dem Index-Arme E aber ist die Säu
errichtet, in welcher die Stange s verschiebbar ist, welch
erwähnten Rahmen O trägt, und nach den Tangenten der W
kel getheilt ist, welche der Durchschnittspunct der Fäd
Rahmen O bei seiner Erhebung oder Herabdrückung mit
Intersectionspuncte der Kreuzfäden auf der Scheibe q bild
deren feinerer Ablesung ein Nonius auf der Aufsenseite der S
o bei v und die Mikrometerschraube t dient. Für die Sanfth
dieser Bewegung ist durch eine Klemmschraube gesorgt. D
man sich das Instrument auf dem Schiffe so festgeschroben, d
die Linie I H mit dem Kiele des Schiffes parallel läuft, u
wird dann der Bogen g h so weit erhoben, dafs seine Grad
Polhöhe gleich sind, so liegt die Fläche des Zifferblattes in
Ebene des Aequators. Man stellt dann den Index-Arm
wahre Sonnenzeit, erhebt den Stab s zur Tangente der Son
höhe für diese Zeit, und drehet die Platte F G so lange, bis
Schatten der Kreuzfäden von O aus den Durchschnittspunct
Kreuzfäden in p fällt; so ist die Linie F G und der Zeig
im astronomischen Meridian, und die Magnetnadel zeigt
Abweichung so wie der Nonius bei I die Richtung des Schiff

Man kann ferner den Index-Arm E mit einem Uhrw
versehen, welches denselben in 24 Stunden einmal um
Axe drehet, und wenn dann der Nonius I auf diejenigen Gr
gestellt wird, welche der Richtung des Schiffes correspond
so darf der Steuermann das Schiff nur so richten, dafs der Sc
ten der Kreuzfäden auf den Durchschnittspunct der Linien
q fällt. Statt der elfenbeinernen Platte kann in diesem F
auch eine matte Glasscheibe genommen werden, wenn der Ste
mann hinter derselben das Bild sehen will. Dieser Gebrau
des Instrumentes ist vorzüglich in den nördlichen Gegenden
empfehlen, wo die Sonne nicht untergeht. Dafs man bei g
nauer Kenntnifs der Abweichung der Magnetnadel vermitt

Instrumentes die Polhöhe und auch die wahre Zeit finden ergiebt sich von selbst.

i allen genauern Compassen, namentlich bei denen, die sung der magnetischen Abweichungen bestimmt sind, ist ntlich, sich zu überzeugen, ob die magnetische Axe der it der, durch ihre Mitte gezogenen, Linie (ihrer geo- hen Axe) zusammenfalle. Dieses erfährt man dadurch, n die Nadel so umkehrt, dafs ihre obere Fläche nach liegen kommt. Ist die Richtung ihrer Kanten, oder die- r auf ihr gezogenen Längenstriche in beiden Lagen die e, so hat die Nadel keinen Collimationsfehler. Wäre icht der Fall, so müssen entweder jene Striche geändert, e Angaben des Compasses um den halben Unterschied en Richtungen verbessert werden. Ist die Boussole zum n eingerichtet, so suche man das Vielfache eines magne- Azimuths in beiderlei Lagen der Nadel; die Differenz en Angaben giebt das Vielfache des Collimationsfehlers, iesen selbst mit grofser Genauigkeit. Wo diese Ein- fehlt, kann nach Gerling [1] folgendes Verfahren ange- erden: Man legt den Compafs auf ein Brettchen, das tern versehen ist, und in horizontaler Richtung umge- den kann, giebt ihm die Lage, dafs die Nadel auf den t der Theilung weist, und bemerkt durch die Diopter nflichen Gegenstand. Dreht man nun das Brettchen bject zur Rechten, so giebt die Magnetnadel desselben hes Azimuth an. Die Diopter des Brettchens wird so- eder auf den ersten Gegenstand zurückgeführt, die selbst aber so viel links gedreht, dafs die Nadel auf abgelesene Stelle der Theilung weise. Bewegt man chen auf den zweiten Gegenstand, so zeigt die Nadel elten Winkel. Indem man auf diese Weise in der er- rlinie die Nadel immer auf den zuvor abgelesenen Punct eilung einstellt, erhält man das Vielfache des magne- Azimuths mit ziemlicher Genauigkeit, und durch die tung mit der umgewendeten Nadel auch das Vielfache

---

[1] n den Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesamm- rwissenschaften zu Marburg. 1823. 8. I. pag. 17.

des Collimationsfehlers. Am besten ist es, wenn der Küns
selbst die Berichtigung übernimmt, welche er durch Prüf
seiner Compasse nach einem Gegenstand, dessen magneti
Azimuth er genau bestimmt hat, mit Berücksichtigung
stündlichen Aenderungen der Abweichung leicht bewerkst
gen kann.

Noch haben wir von den Compafsnadeln selbst, ihre
sten Gestalt und Härtung zu sprechen. Der Mangel an
stimmten und genauen Versuchen hatte früher, und selbst
in den neuesten Zeiten sehr verschiedene Gestalten herv
bracht, und beinahe scheint es, als wenn eine der ältesten
men heut zu Tage den Uebrigen vorgezogen werden sollte.
hatte nämlich zwei Stücke Stahldraht in der Mitte unter e
stumpfen Winkel gebogen, während dem ihre Enden verei
einen spitzen Winkel bildeten, und die Form eines Rho
darstellten; welche, wie wir sogleich sehen werden, vers
dene Vorzüge zu haben scheint [1]. Späterhin verfiel ma
die Idee, die Nadeln an ihren Enden schwer und dick,
nach der Mitte hin abnehmend zu machen; eine Gestalt,
che in den neuesten Zeiten abermals empfohlen ist [2]. De
die Verfertigung künstlicher Magnete besonders verdiente
KNIGHT führte hierauf die einfache Gestalt flacher Paralle
den von geringer Breite und Dicke ein, welche sich auch
noch als sehr brauchbar bewähren. Einige haben es vor
gen, die Nadel in die hohe Kante zu legen, vielleicht in der
nung, durch eine gröfsere Seitenfläche die Richtungskraft
Nadel zu vermehren, oder auch um die magnetische Axe
selben der geometrischen näher zu bringen. So schwankt
noch bis jetzt zwischen entgegengesetzten Einrichtungen
und her, indem die einen durch die Leichtigkeit der Nadel
Reibung zu vermindern, die andern durch die Schwere d
ben das magnetische Moment zu verstärken glauben. Die
nigen Grundsätze, die wir über die Gestalt und Härtung
Compafsnadeln besitzen, verdanken wir COULOMB, der mit

---

1 Schon Fournier i. J. 1679 empfiehlt diese Form einer in der
durchbrochenen Raute, an der die beiden stumpfwinklichten
durch einen messingenen Steg verbunden sind.

2 Phil. Trans. 1819. p. 96.

iner Drehwage [1] viele und zweckmäſsige Versuche hierüber stellte. Es ergiebt sich aus denselben:

1. Wenn die Nadeln, die vierzig bis funfzigfache Länge res Durchmessers haben, so nehmen die Momente der dirigirenden Kraft im Verhältniſs des Wachsthums der Längen zu. ind sie *unter* der angegebenen Länge, so verhalten sich die dirigirenden Momente nahe, wie die Quadrate der Längen.

2. In zwei Nadeln von einerlei Natur, deren Dimensionen analog sind, verhalten sich die dirigirenden Momente, wie Cubi der homologen Dimensionen. So sind z. B. die Dimensionen einer Nadel von 1 Linie Durchmesser bei 6 Zoll Länge, einer andern von 2 Linien Durchmesser und 12 Zoll Länge Verhältniſs von 1 : 2; ihre magnetischen Momente aber sind 1 : 8.

3. In einem Parallelogramm von gleicher Länge und Dikaber doppelt so groſser Breite ist das magnetische Moment doppelt so groſs.

4. Ein rautenförmig geschnittenes Stahlblech hatte ein ßeres magnetisches Moment, als ein Rectangel von gleichem wicht, Länge und Dicke.

Diese Sätze erleiden jedoch eine besondere Modification, ch die *Reibung*, welche bei den Compaſsnadeln an der des Gnomons statt findet. Auch hierüber hat Coulomb suche angestellt. Er fand, daſs bei sehr scharfen Spitzen und, wohlpolirtem Hütchen die Reibung so ziemlich der $\frac{2}{3}$ des Gewichts [2] proportional war; daſs sie aber bei gewönlichen, mehr oder weniger abgestumpften Spitzen im den Verhältniſs der Beschwerung zunahm. Es ist also nach 1. vortheilhaft, die Nadel nicht breiter, als etwa $\frac{1}{30}$ oder ihrer Länge zu machen z. B. 1 Linie auf 3 Zolle. Immer wird unter übrigens gleichen Umständen, eine längere Naein gröſseres magnetisches Moment haben, besonders wenn

---

1 Vergl. *Drehwage.*

2 Coulomb schreibt (nach Biot Précis. de Phys. II. p. 75.) $\frac{2}{3}$ Po-; das gäbe für doppelten Druck eine dreifache; für dreifachen k eine fünffache Reibung, statt daſs sie im erstern Fall um die te, im zweiten etwa um ein Theil zunimmt. Eine ähnliche Umkeh- des Ausdrucks rügt auch Ide. (System der Mechanik I. p. 294.)

man damit die oben beschriebene feinere Einstellung der Na
verbindet, und die Länge nicht so grofs wird, dafs sich meh
Pole in der Nadel bilden. Nur bei so harten und feinen Gnom
spitzen, und flachen, wohlpolirten, harten Hütchen, wie
dort vorausgesetzt werden, läfst sich durch allgemeine Ver
fserung der Nadel etwas gewinnen, indem, nach Nr. 2. die m
netischen Momente gleichförmig gestalteter Nadeln mit
Schwere gleichen Schritt halten.

Dafs dicke Nadeln weniger vortheilhaft sind, zeigt B
auf folgende Weise. „Wenn man, sagt er, auf eine d
Nadel eine zweite von der nämlichen Gestalt und Gröfse
legt, so wird die Schwere, mithin (bei Compassen von der
wöhnlichen Einrichtung) auch die Reibung verdoppelt; al
die Richtungskraft der zusammengesetzten Nadel nimmt nich
eben dem Mafse zu, indem Theorie und Erfahrung zeigen,
durch die Gegenwirkung gleichnamiger Pole ein Theil
freien Magnetismus zerstört wird.“ Schwerlich wird eine
zige dicke Nadel so viel magnetische Kraft in sich aufneh
als zwei vereinte Nadeln von halber Dicke. Es ist also vor
hafter bei Boussolen, Nadeln von geringer Dicke anzuwe
Jene störende Gegenwirkung wird jedoch geringer, wenn
die Nadeln um einige Linien von einander entfernt, und
vereinte Kraft ist in diesem Fall der Summe ihrer einzeln
rigirenden Kräfte nahe gleich; und so könnte diese Verbin
zweier dünner Nadeln allerdings einige Vortheile gew
Ganz neulich hat Pullmann in Woolwich einen Compafs
drei parallelen Nadeln angegeben. Solche parallele Nadeln
ren schon früher in Dänemark versucht worden, zur
als man befürchtete, das Durchbohren der Nadel möchte i
Magnetismus schwächen. Die Bemerkung in Nr. 4. spricht
lich entscheidend für die rautenförmige Gestalt der Nadeln.
eben berührte Reaction nahe liegender, gleichnamiger Ma
tismen scheint diese Meinung zu unterstützen. Der Träg
einem Hufeisenmagnet trägt eben so gut, wenn er nur mit
ner scharfen Kante, als wenn er mit der ganzen Fläche
Magnet berührt. Eben dieser gegenseitigen Abstofsung w
läfst man auch die Enden der aus Stäben zusammengeset

1 Precis élém. II. 77.

netbündel treppenweise abnehmen, und nur einen einzigen
b hervorragen.

Ueber die *Härtung* der Nadeln ist man noch mehr
Dunkeln, als über ihre Gestalt. Muschenbroek entschied
ı seinen Versuchen für die Federhärte, welche beim Anlas-
des Stahls sich durch die blaue Farbe ankündigt. Die fran-
chen Physiker verwarfen diese ganz, und behaupteten, der
arte, unangelassene Stahl nehme den meisten Magnetismus
und viele englische Künstler scheinen ebenfalls dieser Mei-
zu seyn. Die Wahrheit scheint auch hier in der Mitte zu
a. Coulomb fand, 1. dafs bei Stahlblechen der Zustand
tarresten Härtung derjenige sey, in welchem sie den Magne-
ıs am wenigsten annehmen; 2. dafs dieser Grad des Magne-
ıs beinahe einerlei sey mit dem, wenn die Nadel bis zur
gelben Farbe angelassen ist. 3. dafs von dem Zustand
tarresten Härtung der Magnetismus der Bleche zunimmt
ı alle Grade des Anlassens, bis zum ganz dunkeln Roth.
fs der Magnetismus hernach wieder abnimmt, je gröfser
itze ist, bei der der Stahl angelassen wird. Mit diesen
n stimmt die Beobachtung eines in diesem Fache wohlbe-
erten Physikers entscheidend überein [1]. Hansteen liefs
vollkommen gleiche Stahlcylinder, von $3\frac{1}{2}$ Zoll Länge, und
e Dicke mit einander härten, und den einen bis zur stroh-
n Farbe anlaufen. Ihre magnetische Kraft prüfte er durch
ahl von Secunden, in welcher jeder 100 Schwingungen
ıdete. Es fand sich, dafs der harte Cylinder zu 100
ingungen 345, der gelbe nur 289 Secunden gebrauchte;
ıtensität des erstern verhält sich also zu der des letztern,
zu 1,438, oder beinahe wie 1 zu $1\frac{1}{2}$. Vier andere Cy-
, die nach dem Härten in Leinöl gekocht wurden, vollen-
100 Schwingungen in 250 Secunden; und zwar hatte
ıuer des Kochens keinen sichtbaren Einflufs auf ihre Em-
ichkeit für den Magnetismus, indem der eine nur 5, die
ı 10, 15 und 20 Minuten lang gekocht wurden. Als sie,
ife bestrichen, bis zum Weifsglühen erhitzt, und in einer
l übergossenen Salmiakauflösung von + 7° R. Wärme ab-

[1] Poggendorfs Annalen. III. 236.

gekühlt würden, brachten sie es (auch bis zur Sättigung magn
tisirt) doch nicht unter 308 Secunden. Würden sie nach d
Glühen erst in geschmolzenem Blei, und nachher in Wasser v
+ 10° R. Wärme abgelöscht, so stieg jene Zahl bis 376, u
nach 8 Tagen auf 412 Secunden, woraus erhellet, dafs sie a
zuwenig Härte besafsen, um einen dauerhaften Magnetism
anzunehmen; die Intensität war im letztern Fall beinahe d
mal geringer, als bei der Ablöschung in kochendem Lei
Zugleich ergiebt sich aus diesen, und einigen spätern Ve
chen, dafs Nadeln, die nicht aufs strengste gehärtet sind,
Kraft allmälig verlieren, indem z. B. jene vier Nadeln bin
Jahresfrist ihre Schwingungszeit von 250 Secunden auf 2
also ihre Intensität um $\frac{1}{10}$ veränderten. Es wäre jedoch,
Hansteen bemerkt, wohl möglich, dafs diese Abnahme
allmälig einer bestimmten Gränze näherte.

Aus dem Bisherigen ergeben sich für die vortheilhaft
Construction der Compafsnadeln folgende Erfahrungssätze:

1. Die Breite der Nadel mufs etwa $\frac{1}{40}$ ihrer Län
betragen. 2. Ihre Dicke mag etwa $\frac{1}{4}$ ihrer Breite hal
3. Sie soll nach den Enden spitz auslaufen. 4. sie
vollkommen gehärtet, und bis zur strohgelben Farbe an
lassen, oder besser noch, aus der Weifsglühhitze in siede
Leinöl abgelöscht werden. Einige Künstler begnügen sich,
Nadel glashart zu machen, und sie dann in der Mitte, we
des Hütchens wegen gemeiniglich etwas breiter ist, bis
blauen Farbe anzulassen. Die beste Art, die Nadel zu mag
tisiren, wird im Art. *Magnet* mitgetheilt werden. Nicht
vergessen ist, dafs in Folge der magnetischen Neigung auf
Nordhälfte der Erdkugel das Nordende, auf der südlichen
Südende schwerer ist. Man mufs daher jede Nadel mit ei
kleinen messingenen Laufgewichte beschweren, das längs d
selben verschoben werden kann. Bei Compassen, die kein
deutende Ortsveränderung erfahren, genügt es, durch ein
Tropfen Siegellack das Gleichgewicht herzustellen.

Vor einigen Jahren wurde viel Aufhebens von einer an
lichen Methode gemacht, die Magnetnadel gegen die Einflü
eisenhaltiger Gebirgsmassen, oder auch des Eisenwerkes in d
Schiffen zu verwahren. Ein Venetianischer Ingenieur, Scar
mella, glaubte im J. 1815 dieses durch eine runde Dose vo

weichem Eisen bewerkstelligt zu haben, in welche er die Magnetnadel einschlofs. Er theilte seine Erfindung dem Nationalinstitut in Mailand mit, welches dieselbe durch drei Astronomen der Sternwarte prüfen liefs. Sie gebrauchten hierzu einen starken Magnet, der sein sechszehenfaches Gewicht trug: er zog die Dose an, aber nicht die Nadel. Dafs das weiche Eisen, als Conductor der magnetischen Flüssigkeit, eine magnetische Localwirkung zerstreuen könne, indem es sie auf seiner ganzen Oberfläche verbreitet, leidet keinen Zweifel. Aber immer werden auch verschiedene Intensitäten und Polaritäten sich zeigen, und selbst im gewöhnlichen Zustande, ohne Einwirkung eines Magnetes, wird durch die Wirkung des Erdmagnetismus [1] die nach Norden gekehrte Seite dieser eisernen Dose einen nördlichen, die südliche einen südlichen Magnetismus erhalten, so dafs, auch angenommen, dafs in der Masse, Dichtung und Reinheit der eisernen Dose, keine Ungleichheit statt finde, dennoch wenigstens die Intensität der Nadel durch diese Einrichtung geschwächt werden müfste. Wirklich haben die Versuche, welche zu München in der Werkstätte von Utzschneider, und zu Copenhagen mit solchen Dosen gemacht wurden, keine genügende Resultate gegeben. Aehnliche Urtheile sind auch seither über die sogenannten *Insulating compasses* des englischen Künstlers Jennings ergangen [2]. *H.*

Compensation.

Ein Wort, das in den meisten Europäischen Sprachen aufgenommen ist, und eine Vorrichtung bezeichnet, durch welche man den Ausdehnungen, die alle Körper durch die Wärme erleiden, entgegenwirkt. Einige Schriftsteller nennen auch in der Optik *achromatische Compensation*, die Wegschaffung der Farben des Crownglases durch das Flintglas. Vorzüglich aber gehört dieser Gegenstand der in den neuern Zeiten so sehr vervollkommneten Uhrmacherkunst an, und bezeichnet in derselben eine am Uhr-Pendel, und eben so an der Unruhe der Taschenuhren angebrachte Vorrichtung, um die durch die Wirkung der Ausdehnung gestörte Gleichheit der

---

1 S. *Ablenkung.*
2 Vergl. v. Zach's Corresp. Astron. II. 530. III. 177.

Dauer der Schwingungen (*den Isochronismus*) wieder herzu stellen.

Theorie und Erfahrung lehren, dafs ein Pendel desto lang samer schwingt, je länger es ist, und umgekehrt [1]. Durch di Wärme wird die Pendelstange, von welcher Substanz sie au seyn mag, verlängert, und die Uhr geht langsamer. Den wenn jede Schwingung auch nur um 0,001 einer Secunde län ger dauerte, als vorher, so wird die Uhr doch in 24 Stund um nahe $1\frac{1}{2}$ Minuten zurückbleiben. Ein Hunderttheil ei Pariser Linie, Aenderung der Pendellänge, entspricht sehr n he einer Secunde Aenderung des Ganges, und da das Eisen f 10° Réaum. um $\frac{0{,}00117}{8} = 0{,}000146$ sich ausdehnt, so w eine Pendelstange von 440,5 Lin. für eben diese Erwärmu um 0,064 Linien sich verlängern, so dafs diese Uhr in 24 Stu den etwa $6\frac{1}{2}$ Secunden verliert: ist die Pendelstange von Me sing, so wird die Verspätung $\frac{1}{2}$ mehr, oder $10\frac{1}{2}$ Secunden b tragen. Da wegen der ungleichen Ausdehnung der Instrume Zitterungen der Luft, Erzeugung von Wasserdunst etc., Sternwarten nicht geheizt werden dürfen, so sind gerade die nigen Uhren, bei welchen es auf gleichförmigen Gang am m sten ankommt, diesem Wechsel der Temperatur, der in ka Klimaten vom Sommer zum Winter leicht 40 bis 50 Grade tragen kann, mehr ausgesetzt, als die in Wohnzimmern ste den gewöhnlichen Uhren. Es war also ein unausweichlic Bedürfnifs der neuern praktischen Astronomie, ein Mittel finden, wie man dieser Verlängerung der Pendelstange ent genwirken, und das Centrum der Linse immer in einerlei En fernung vom Aufhängepunct erhalten könne.

Der Erste, der mit diesem Gegenstande sich beschäfti war der Uhrmacher Graham, im Jahr 1715 [2]; er hatte glückliche Idee, nicht etwa einen Körper von geringer oder keiner Ausdehnung zu suchen, sondern vielmehr die Ausd nung des Eisens durch die noch stärkere eines andern Meta

1 Vergl. *Pendel.*

2 The philos. transact. abridged by M. Reid and John Gray. Vo VI. part. I. p. 277.

wirksam zu machen, und so durch Entgegensetzung zweier
Uhr das Richtige zu erreichen; ein Verfahren, das, wo es
r immer anzuwenden ist, in praktischen Dingen die besten
ste leistet, weil es uns leichter wird, Fehler durch Fehler
fzuheben, als etwas an sich Vollkommenes zuwege zu bringen.
ei ist merkwürdig, dafs seine Methode der Compensirung
h einer Vernachlässigung von etwa 100 Jahren gerade jetzt
er hervorgezogen, und mit gutem Erfolge benutzt worden
Graham ging von der Idee aus, die 20 Jahre später den
seine Verbesserungen der Chronometer berühmten Har-
auf das Rostpendel brachte; nämlich durch ein Metall
tärkerer Ausdehnung die Verlängerung der eisernen Pen-
nge aufzuheben. Bei näherer Untersuchung ergab sich
ein so geringer Unterschied der Ausdehnung bei den ver-
denen Metallen, dafs er die Sache als unthunlich aufgab.
Ein Nivellirinstrument, das bei ihm im Jahre 1721 bestellt
, veranlafste ihn unter andern, das Quecksilber für die-
weck zu probiren; und obwohl es sich dazu ganz untaug-
wies, so fiel ihm dabei die an einer so dichten Flüssigkeit
nerwartete grofse Ausdehnung durch die Wärme auf, und
kte auch sogleich in ihm die Idee, sie für das Pendel zu
en. Beim ersten Versuche war die Quecksilbersäule zu
beim zweiten zu kurz, und erst im Juni 1722 erhielt er
Glascylinder von passender Länge, der den Gang seiner
die er durch ein Passageninstrument prüfte, so verbesser-
dafs ihre Abweichung nur den sechsten oder achten Theil
den Fehlern einer an der nämlichen Wand aufgehängten,
gut gearbeiteten Uhr betrug. Im Juli 1723 versah er das
del einer andern Uhr mit einem inwendig gefirnifsten Cylin-
aus Messing, vermuthlich um durch einen metallischen Wär-
leiter die Mittheilung der Temperatur an das Quecksilber zu
schleunigen.

Noch ehe Graham seine Erfindung öffentlich bekannt ge-
cht hatte, versuchte seinerseits Harrison, wohl ohne von
n Vorschlägen etwas zu wissen, durch Zusammensetzung
Messing und Stahlstangen eine genügende Compensation zu
irken. Sein Apparat heifst das *Rotspendel*, (Engl.
liron Pendulum) und ist seither fast allgemein bei ge-
rn Uhren angebracht worden. Nachdem im Jahr 1754

durch SMEATON's Versuche die bedeutende Ausdehnung d
bekannt geworden war, verließen die englischen Ki
den zwei letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhun
mühsame Construction des Rostes aus Messingstäben, un
ten mit Hülfe des Zinks eine weit einfachere und solid
pensation zuwege, welche jedoch erst in der neuesten Z
BREGUET in Frankreich bekannt geworden zu seyn sch

Im Jahre 1738 trat der durch genaue Versuche
Ausdehnung der Metalle bekannte Uhrmacher JOHN
mit einem Pendel auf [1], an welchem er die Compensati
zwei Stangen von Stahl und Messing bewerkstelligte,
lative Verlängerung durch ein angebrachtes Hebelwerk
se des Pendels höher hob. Aehnliche Vorrichtungen l
CASSINI [2], und giebt die Maße für solche Hebelwerke i
hängten Demonstrationen. Merkwürdig ist, daß spi
HAM selbst Uhren mit Rostpendeln nach HARRISON's A
tigte, an welchen die Stahl- und Messingdrähte verlän
den konnten, um die Compensation zu berichtigen.

Inzwischen hatte HARRISON die tragbaren Uhren z
rer Vollkommenheit gebracht [3], und bei diesen die C
tion der Unruhe durch die Krümmung einer aus Stahl
sing bestehenden Feder bewirkt. Diese Idee wurde in
sten Zeit, von einem Pariser Künstler, MARTIN, ben
durch Hebung zweier, zu beiden Seiten des Pendels a
ten Kugeln die Erhöhung des gemeinschaftlichen Sch
tes zu bewirken. Wir können dem Angeführten z
Beschreibung der Compensationen auf vier verschie
structionen bringen; nämlich 1. das Quecksilberpend
Rostpendel, 3. das Pendel mit Hebelwerk, und 4. d
mit thermometrischen Federn.

Fig. 62.

1. Das Quecksilberpendel

besteht aus einer eisernen Pendelstange ab von 2 bi
Durchmesser, in welche von b bis s ein etwas feiner S
gang geschnitten ist. Dieser wird durch das obere Stü
eisernen oder messingenen Rahmens fgoq gesteckt, d

---

1 Philos. transact. Vol. 47. Years. 1751. und 1752. [
2 Hist. de l'Acad. 1741.
3 Vergl. *Chronometer.*

raube durchgeht, eine kleine Verstärkung erhalten hat. chenkel sind unten an einen messingenen Teller oder festgenietet, welcher inwendig etwas eingesenkt ist, Glascylinder cccc aufzunehmen. In diesen tritt oben ngener, gefirnister Deckel hi ein, dessen breiter Rand d i eingeschnitten ist, um dort den Rahmen zu umfasdurch der Deckel sowohl als der Glascylinder eine llung erhält. Bei e befindet sich eine eingetheilte sche Schraubenmutter, welche den Rahmen und das trägt, und den Gang der Uhr regulirt. Um das Gefäfs Pendelstange desto fester zu verbinden, ist oberhalb bei egenschraube angebracht.

Theorie dieses Pendels ist einfach. Da der Schwinnct p des Pendels sich nahe in der Mitte des Quecksilders, oder auf seiner halben Höhe befindet, so mufs unct um so viel erhoben werden, als die Verlängerung rnen Pendelstange und des ganzen Rahmens beträgt: mufs der *ganze* Quecksilber-Cylinder so hoch seyn, dafs sdehnung das Doppelte jener Verlängerung ausmacht, enn l die Länge des eisernen Pendels, e die specifische ung des Eisens, q den halben Quecksilbercylinder, und usdehnung des letztern Metalles bezeichnet, so mufs m seyn. Man erhält hieraus $m : e = l : q$; d. h. für bsolute Verlängerungen verhalten sich die Längen der selbst umgekehrt, wie ihre specifischen Ausdehnungen. r ist die ganze Länge des wirklichen Pendels $= l + q$; hat man $m : e = l + q : q$, oder $m - e : e = l + q - q : q$;

$q = \frac{e\,l}{m - e}$. Setzen wir [1] für Eisen den Werth e im $= 117$ und für Quecksilber mit Berücksichtigung der nung des Glases $m = 1750$ Hunderttausendtel der Länr $m : e = 15 : 1$, so ist $\frac{e}{m - e} = \frac{1}{14}$; und daraus

man $l = 36{,}7$ Par. Zolle annimmt, $q = \frac{1}{14}\,l = 2{,}62$; erfordert dieses eine Quecksilbersäule von 5,24 Zollen

---

[1] S. *Ausdehnung.* Th. I. p. 582 u. 600.

Höhe. Giebt man dem Glascylinder eine Weite von 2 Zoll
wird der Inhalt = 16,4 Kubikzollen, und das Gewich
9 Pfunde.

Die Vorzüge dieser Compensation sind nicht zu verk
Die Ausführung ist leicht, also nicht kostbar, und selb
Werth des Quecksilbers, der überdem unverändert bleibt,
nicht an die Kosten der andern Constructionen. Die Be
gung hat keine Schwierigkeit, wenn man vorher durch
nung oder Versuch bestimmt hat, wie viel Quecksilbe
Gewicht) der Höhe eines Schraubenganges der Abgleicl
schraube gleich komme. Die Wirkung des compensi
Stoffes ist frei und unaufgehalten, rückt nicht stofsweis
wärts, und bleibt sich immer gleich.

Allerdings möchte man den Zweifel erheben, ob eine
deutende in Glas eingeschlossene Quecksilbermasse die T
ratur so schnell annehme, als die dünne freischwebende
stange. Allein einerseits kann im verschlossenen Uhrkast
Wärmeänderung nie so schnell vor sich gehen; ander
hält es nicht schwer, auch die Pendelstange durch Einsch
in eine Barometerröhre auf gleiche Weise gegen eine sch
Wärmemittheilung zu verwahren, oder auch das Queck
gefäfs aus Eisen, gegofsnem oder geschmiedetem, zu ve
gen. Ein solches Pendel ganz aus Eisen würde sich bes
für Reisependeluhren eignen. Zufolge einer Nachrich
Zahrtman hat ein Pariser Künstler, Pecqueur den Bod
Glascylinders durchbohrt, und durch die Oeffnung ein
beiden Enden offene, eiserne Röhre gesteckt, so dafs das Q
silber sich nur in dem ringförmigen Zwischenraume zweie
centrischen Cylinder befindet.

Sollte die Verfertigung eines hinreichend weiten ei
Gefäfses Schwierigkeiten verursachen, so kann man si
folgende Weise helfen. Man nehme einen Flintenlauf,
von der dreifachen Länge der sonst erforderlichen Queck
säule, fülle denselben mit diesem Metalle, so wird der Sc
punct dieses Quecksilbercylinders dreimal so hoch steig
bei jenem. Steckt man an das untere Ende dieses ge
Flintenlaufes eine Linse aus Blei, von dreifachem Gewic
selben, so wird der gemeinschaftliche Schwerpunct beide
sen um $\frac{1}{4}$ des Abstandes beider Schwerpuncte über den

Linse sich befinden (daher das Pendel oberhalb um ...tität zu verlängern ist), und seine Verrückung durch ...e wird nur $\frac{1}{3}$ der wahren Veränderung desselben im ...er betragen.

2. Rostpendel.

...etrachten hier vorzugsweise die *Zinkcompensation*, ..., weil sie den Begriff der Sache einfacher und klarer ...ls diejenige durch Messing, sondern weil sie auch in der ...ng einfacher, und leichter zu verfertigen ist. Es sey Fig. 63. ...ie Länge der Eisenstange vom Aufhängepunct A bis zum ...der Linse P, so muſs die compensirende Zinkstange offen...g seyn, daſs ihre Verlängerung durch eine gewisse Wär...igen der Eisenstange gleich sey. Sie kann also in dem ...er seyn, als ihre Ausdehnung stärker ist, als die des Ei...hin hat man, wenn l die Länge der Eisenstange, x die ...tange, z und e die relativen Ausdehnungen der beiden ...zeichnen, $l:x = z:e$, also $x = \frac{el}{z}$; die Zinkstange ...fwärts gerichtet; es wird also eine eben so lange Ei... CD erfordert, welche wie die erste niederwärts geht. ...ch diese sich ausdehnt, so muſs die Zinkstange einer ...e von $AP + CD$ oder $l + x$ entgegen wirken können, ...er gemacht werden. Man erhält hieraus einen ver... Werth von $x = x'$, indem $z:e = (l+x):x'$, also ...$l + \frac{e}{z} \times \frac{e}{z} l$, oder, wenn man $\frac{e}{z} = m$ setzt, $x' = l(m + m^2)$.

...en dieser vergröſserte Werth von x zieht auch eine ...erlängerung der herabgehenden Eisenstange nach sich, ... eine dritte Bestimmung der Zinkstange x'' erforderlich ...dem die vorige nochmals in dem Verhältniſs von $\frac{e}{z} = m$ ...rt werden muſs. Dieses gibt $x'' = l(m + m^2 + m^3)$. ...t, daſs dieses zu einer geometrischen Reihe führt, de...ne $= \frac{m}{m-1}$ ist. Dieses gibt überhaupt $X = l \times$ ...$- 1)$ und wenn man mit z multiplicirt, $X = l \times \frac{e}{z-e}$.

... den Bestimmungen über die lineare Ausdeh-

nung der Metalle können wir e, im Mittel = 117, für gegossenen Zink, z = 296 Hunderttausendtheile Länge setzen; dieses Verhältniss ist von $3\frac{1}{2}:9$ nicht verschieden; und somit wird die gesuchte Länge der Zink

$$= l.\frac{3,5}{9-3,5} = \frac{3,5}{5,5}l = \frac{7}{11}l = \frac{7}{11}\times(36,7+2,8) = 25$$

Wählt man statt des Zinks ein Metall von geringerer Au nung, z. B. Messing, dessen Expansion etwa auf 0,00 setzen ist, so dass dieselbe zu derjenigen des Eisens sich

$8:5$ verhält, so hat man $x = \frac{5}{8-5}l = \frac{5}{3}l$. Die Me

stange müsste demnach um $\frac{2}{3}$ länger seyn, als das Pendel, was unthunlich ist. Man vertheilt daher die $\frac{5}{3}$ auf zwei g Systeme, die man so verbindet, dass ihre Wirkungen werden, so dass man jeder der zwei aufsteigenden Me

stangen die Länge von $\frac{2\frac{1}{2}}{8}$ giebt. Man erhält hieraus de

gemeinen Satz für die Compensation: „Die Summe der L „der verticalen Stäbe des gegebenen Metalls verhält sic „Gesammtlänge der verticalen Stäbe des compensirenden „talls umgekehrt, wie ihre linearen Ausdehnungen."

Fig. 64.

Der Symmetrie und Festigkeit wegen ist man gen die Stangen zu verdoppeln, und sie zu beiden Seiten der delstange gleichmässig anzubringen. Man lässt also von untern Stege der Pendelstange p e die zwei Zinkstangen und c d heraufgehen, welche an dem Stege b d die Eisen e g tragen. Man kann auch mit einer einzigen Zinkstang Compensation bewirken [2]. Die Pendelstange p c ist in messingenen Stege a b in der Mitte befestigt; von den E desselben a und b senken sich die 3 Lin. dicken Eisendr a d und b e herunter, welche den Steg d e tragen. Aus Mitte f des Letztern steigt die etwa 7 Lin. dicke Zinkstange auf, an welcher der Steg h i befestigt ist. Dieser ist von nämlichen Länge, wie a b, um die Stangen a d und b e dur

Fig. 65.

Fig. 66.

1 S. dieses Wörterbuch T. I. p. 583. und 585.

2 Diese Einrichtung ist, wie auch die oben erwähnte des Que silberpendels von Repsold in Hamburg.

, und so das Schwanken der Zinkstange zu verhüten.
n hängen die Eisendrähte h k und i l herab, welche
en Steg d e frei, doch ohne Schlotterung durchgehen,
ten im Steg k l verbunden sind, aus dessen Mitte die
m o heruntergeht. Sollte man es nicht zu schwierig
eine Zinkstange der Länge nach zu durchbohren, oder
enge Röhre zu giefsen, so könnte man die Pendelstange
ie Zinkstange stecken, und die letztere mit einem Flin-
umgeben [1].

se sehr nahe liegende Idee empfiehlt vorzüglich Hera-
und die Construction des von ihm angegebenen Pendels
infach und zweckmäfsig, dafs sie hier eine kurze Er-
g verdient. Das Pendel ist, wie gewöhnlich, an einem
einer Uhrfeder A, von 3 engl. Zollen Länge aufgehan- Fig. 67.
d an dieser die eiserne Pendelstange B, 27,92 Z. lang
, Auf einer Scheibe an ihrem unteren Ende ruhet die
on Zink C, gleichfalls 27,92 Z. lang, an deren oberes
ie Schraube zur Regulirung der Compensation geschnit-
Ueber diesen hohlen Cylinder von Zink wird die äu-
iserne Röhre D geschoben, welche unten bei E' in das
Stück geschraubt ist, an dessen Stange die Linse bei G
m Mittelpuncte festsitzt, und die Schrauben am Ende
öhre F dient dazu, die Linse höher zu schrauben; oben
er wird die eiserne Stange D durch eine Mutterschraube
, welche sich auf der männlichen Schraube der Zink-
ur Regulirung der Compensation auf und nieder schrau-
t. Die Berechnung der Längen der einzelnen Theile,
diesen zugehörigen Compensation ist nach Herapath
. Er nimmt die Ausdehnung des Eisens für 1° F. =
5937, der Stahlfeder = 0,00000761 und des Zinkes
001672 der Einheit an. Hiernach beträgt die Aus-

---

[1] er Architekt Zechini Leonelli schlägt vor, die in der eisernen
schlossene Zinkröhre aus zwei in einander geschraubten Stük-
fertigen, um nach Belieben sie verlängern zu können. S. die
r d. polytechn. Instituts in Wien. VI. p. 53.
ilos. Mag. LXV. 374.

von 3 Z. Stahlfeder	0,000022830
von 27,92 Z. Eisen	0,000193542
und noch von 36,13929 Z. Eisen	0,000250600
zusammen	0,000466972;

die Ausdehnung von 27,92 Z. Zink aber beträgt 0,0004 welche somit jene genau compensirt [1].

Dafs bey allen Rostpendeln das Gewicht des Rost je nach seinem Verhältnifs zu demjenigen der Li Schwingungspunct des Pendels erhöhe, mithin dasse längere, bedarf keiner Erinnerung.

4. Compensation durch Hebelwe

Die Unzulänglichkeit des Messings für eine einfache Co rung brachte schon frühe die Uhrmacher auf den Ge jene unzureichende Wirkung des Messings vermittelst ei belwerks zu vergröfsern, und so die Linse in gehörige zu erheben. Diese Einrichtung bot neben ziemlicher S auch den Vortheil dar, dafs man durch Verlängeru Verkürzung der Hebel die Compensation leicht regulire te, was bei den Rostpendeln schwieriger war. Ellico struction scheint noch jetzt eine der vorzüglichsten a b c d e f ist ein breiter, nicht allzudicker Streif a oder Stahl: unten in der Oeffnung der Linse ist er noc breiter, so dafs auf dieser Fläche die Centra der Hebel befestigt werden können. Diese Hebel treten dann ge Mitte zusammen, und auf sie drückt das untere Ende d fen Messingstange A B C, welche auf dem Eisenstabe a Schraubenköpfe so angehalten wird, dafs sie zwar de nach sich bewegen, aber nicht ausbiegen kann. Diese selbst ruht auf dem längern Arme jener beiden Hebel v telst der Köpfe r und s, welche durch die Drehung der theilten, in die messingene Linse eingepafsten Scheiben m

Fig. 68.

---

1 Da sich das Zink so sehr gut zu Blech walzen und Draht ziehen läfst, wie Altmütter bei G. LVIII. 463. gezeigt ist es fraglich, ob sich dasselbe nicht auf gleiche Weise als Mes Behuf dieser sehr zweckmäfsigen Pendel über einen Dorn zu ziehen liefse. Die Ausdehnung solches Zinks müfste dann gena sucht werden, und es würde die Verfertigung der Compensatio nach dieser Angabe eben so leicht als sicher seyn.

Centrum der Hebel genähert oder von demselben entfernt
den können, so dafs man die Compensation nach Belieben
liren kann. An den Köpfen r und s ist ein feiner Schrau-
gang angedreht, der sich ebenfalls auf den Hebeln o und p
schnitten findet. So wie sich nun die Messingstange A B C
r ausdehnt, als der eiserne Pendelstab a b c d e, so wird
durch den Druck auf die Hebel o und p die Linse in gehöri-
Masse heben, und so die Compensirung bewirken. Um
Centra der Hebel von allzuschwerem Druck zu befreien, ist
bei f die Feder g g aufgeschraubt, welche den gröfsten
der Linse trägt. Die Regulirung des mittlern Ganges
entweder durch ein Laufgewicht längs der Pendelstange,
r oberhalb durch Versetzung der Klammer, welche die Feder
der das Pendel hängt, umschliefst, und seinen obern End-
ct bestimmt, bewirkt werden [1].

Weniger elegant ist eine zweite Construction, bei welcher
Hebelwerk aufserhalb der Linse angebracht wird. Von der Fig. 69.
elstange a b aus gehen divergirend die zwei eisernen Arme
und b d, an deren unterm Ende die Centra der Hebel p f
h sich befinden. Der kürzere Arm derselben wird durch
an b befestigte Messingstange (auf der einen Seite e f, auf
andern g h) niedergedrückt, wodurch das, in der Linse
liche Stück p in die Höhe steigt, und auf der unten
rachten Schraubenmutter m, die zur Regulirung des Gan-
dient, die Linse erhebt. Die Hebel sind an ihrem kürzern
bei c f und d h durch die Schrauben q und r stellbar.
Einrichtung erfordert ein breites Gehäuse; auch ist es
rieriger die Messingstangen gegen das Einbiegen zu schützen,
sie weiter von der Eisenstange entfernt sind, als bei El-
r, bei dessen Pendel man statt des Messingstabs eine cy-
rische, die runde Pendelstange gut umschliefsende Röhre
bringen kann.

---

1 Der Uhrmacher Ign. Berlinger in Wien hat, ohne es zu wissen, cor's Idee genau wiederholt, mit dem einzigen Unterschiede, dafs e Messingstange zwischen zwei Eisenstangen herabgehen läfst, und Hebelwerk aufserhalb der Linse anbringt. Jahrb. d. polytechn. Inits in Wien. VI. p. 38.

4. Compensation durch die Biegu thermometrischer Federn.

Das Bedürfniſs einer genauen Compensirung bei Chron und die Unmöglichkeit, die Compensation durch Sta diesen Werkzeugen anzubringen, brachte den erfinderisch auf die Idee, eine Feder von Stahl und Messing zu zu nieten, welche, wegen der ungleichen Ausdehnung und menziehung beider Metalle sich bald nach der einen, bald andern Seite krümmen, weil das längere Metall sich stets convexen Seite des Krümmungsbogens befinden muſs. kung dieser Vorrichtung ist beträchtlich. Nimmt man der heit wegen die erhaltenen Krümmungen für Kreisbogen ergiebt sich: 1. daſs sie, so lange die Aenderungen n deutend sind, mit dem Ueberschuſs des einen Metal das andere so ziemlich gleichen Schritt halten. 2. Daſs gleicher Temperatur desto stärker werden, je mehr di Metallstreifen einander genähert sind. Dicke Streifen her bloſs da zu empfehlen, wo man nur eine geringe und dagegen mehr Festigkeit verlangt; denn auch die St derselben leistet den Wirkungen der Ausdehnung me Widerstand. Auf diese, wie wir unten sehen werden, lich bei Chronometern anwendbare Eigenschaft solch pelstreifen gründete MARTIN die von ihm in Anwend brachte Compensation: a und b sind zwei Kugeln, we die in eine Schraube ausgehenden Enden der Doppelfeder gesteckt sind. Diese ist für eine angenommene mittle peratur geradlinig. Bei steigender Temperatur dehnt untere messingene Streif m m stärker aus, als der obere pe, die Feder wird mithin nach oben concav, und die steigen aufwärts. In der Kälte zieht sich das Messing n sammen, als das Eisen, und die Kugeln sinken so vi die Mittellinie, als die Verkürzung der eisernen Penc es nöthig macht. Man hat hier drei Berichtigungen d pensation: 1. kann man durch dünnes Feilen der Fe Bewegung vermehren; 2. durch das Hin und Herschrau Kugeln ihren durchlaufenen Weg modificiren; 3. du Gewicht der Kugeln selbst ihr statisches Moment im niſs zur Linse P, mithin ihren Einfluſs auf die Erhöh Schwingungspunctes verändern. Auch hat diese Ein

Fig. 70.

ı Vortheil, daſs sie für sich bestehend ist, mithin an jedem :eits fertigen Pendel angebracht werden kann.

Sehr oft schon ist auch das Ersatzmittel einer eigentlichen tallischen Compensation angerathen worden, die Pendelstanı aus Holz zu verfertigen: man empfiehlt dazu besonders das adfaserichte Tannenholz, welches man noch, um es gegen Feuchtigkeit unempfindlicher zu machen, in Oel kochte, nachdem es im Ofen getrocknet war, stark mit Firniſs erzog. Es läſst sich nicht leugnen, daſs mit einem solchen del eine Uhr bedeutend richtiger geht, als mit einem aus en oder Stahl. Dennoch scheint es schwer zu seyn, der chtigkeit, besonders in den Fugen der Verbindung mit den ntbehrlichen Metallstücken allen Zutritt zu verwehren, und n übt auch die Wärme einen merklichen Einfluſs aus, indem das Holz verkürzt, während dem die Kälte es verlängert. n hat daher die Regel gegeben, den siebenten Theil der Pennge von Messing zu machen. Gleichwohl sind solche Uhnur auf ein Paar Secunden genau, und taugen also in der tischen Astronomie nur für *Zähler*. Das Schlimmste ist, man für die Anomalien dieses Pendels keine Rechnung trakann, weil sie der Wärme und Feuchtigkeit allzulangsam n, um irgend ein sicheres Verhältniſs zwischen Ursache Wirkung möglich zu machen. Nach Versuchen des oben ähnten Ignaz Berlinger wurde ein Pendel, das man von 4° R. bis auf 30° R. erwärmte, um $\frac{1}{10}$ Linie verkürzt. Als nachher noch zwei Stunden lang einer Hitze von 52° R. esetzt wurde, zog es sich um $\frac{1}{4}$ Linie zusammen; allein es urfte, als der Kasten dem Luftzuge wieder geöffnet wurde, r als 42 Stunden, um seine ursprüngliche Lage wieder nehmen [1].

Noch sind hier diejenigen Vorrichtungen zu erwähnen, che nicht an der Pendelstange selbst angebracht werden, dern bei welchen der Biegungspunct der dünnen Stahlfeder, welcher das Pendel aufgehängt wird, verrückt, und so die ge des Pendels auf ein beständiges Maſs zurückgeführt wird. Fig. der einfachsten ist folgende: Man befestigt das Stück a, 71.

1 Jahrbücher des polytechn. Instituts in Wien. Bd. VI. p. 37.

welches die Aufhängefeder einklemmt, nicht wie gewöhn
am hintern Boden des Uhrwerks, sondern an dem einen E
eines kleinen Hebels a c b, dessen anderes Ende mit einer S
ge b d zusammenhängt, die bei d in der nämlichen Wand
festigt ist, welche oben die Uhr selbst trägt. Durch Verä
rung des Hebelarmes b c, und durch die Länge der St
selbst, je nach der Ausdehnung des gewählten Metalles
sich diese Compensation berichtigen; doch wird man hie
immer noch mit den Dehnungen der Wand selbst zu thun
ben, von denen keine Substanz, weder Holz noch Stein,
freizusprechen ist. Es fällt in die Augen, dafs diese Versc
bung des Aufhängepunctes, durch andere Mittel, nament
durch die oben in Nr. 4 erwähnten Federn aus zweierlei M
gar wohl bewerkstelligt werden könne. Diese Art der Com
sirung hat den Vortheil, dafs sie den Biegungen und Klemm
gen der Stangen, und dem beständigen Druck der Linse n
ausgesetzt ist, dagegen ist sie wegen der ungleichen Biegsam
der Aufhängefeder in verschiedenen Stellen, und wegen
ungleichen Abschneidung ihres Biegungspunctes bei den le
möglichen Schwankungen der Klammer selbst, doch keines
den zuverlässigen Methoden beizuzählen.

Noch ist zu bemerken, dafs bei Berechnung der Comp
sationen auch noch die halbe Höhe der Linse berücksich
werden mufs. Je nachdem die Linse aus Blei, Messing o
Eisen besteht, wird ihr Schwerpunct im Verhältnifs der A
dehnung höher gehoben, als er durch die Verlängerung der
wöhnlich etwa 3 Zoll langen eisernen Schraube am Pe
sinkt. Ist die Linse aus Gufseisen, so fällt diese Bedenkl
keit weg; beim Blei und Messing hingegen tritt eine eigentl
Verkürzung, eine Uebercompensirung ein. Verschiedene Kü
ler bringen deswegen die Stellschraube der Linse in ihrer M
selbst an.

Compensation bei Chronometern.

Die Unruhe der tragbaren Uhren ist eine Art Schwung
das durch die Spiralfeder in eine Wechselbewegung versetzt w
Die Schnelligkeit seiner Schwingungen hängt ab von der K
der Spiralfeder, und von der Last der Unruhe selbst, nam
lich von ihrem Trägheitsmoment. Durch die Wirkung der W

wird die Feder verlängert, wodurch sie an Kraft ver-
;, so daſs sie die Unruhe nicht mehr mit der nämlichen
ıelligkeit zu bewegen vermag. Man begegnet diesem Man-
lurch die Verminderung des Trägheitsmomentes, indem
am Stege der Unruhe eine halbkreisförmig gebogene Dop-
ler aus Stahl und Messing, oder Platin und Silber an-
t, an deren Ende sich ein Gewicht befindet, das durch
ı der Wärme erfolgende stärkere Krümmung dieser Feder
entrum der Unruhe mehr genähert wird. Die Figuren ge-
ne deutliche Vorstellung dieser beiden Constructionen. In
tztern wird, um die Compensation zu verstärken, der
uig geschweifte Stahlstreifen auf der convexen Seite von
l, und von d bis m mit Messing belegt. Giebt man den
n M und M′ ein bedeutendes Uebergewicht über die zur
irung des mittlern Ganges bestimmten Gewichte A und A′,
rfte auch ein einziger Quadrant einer solchen Doppelfeder
en.

Fig. 72 und 73.

Fig. 72.

Die Compensation der Ausdehnungen durch die Wärme
auch in andern Fällen, wo es unveränderliche Längen er-
rt, bei Gestellen, Maſsstäben, Messstangen ihre Anwen-
finden. So wurde z. B. de Lüc zu seinen pyrometrischen
ıchen über die Ausdehnung des Glases [1] durch den
ıch veranlaſst, ein unveränderliches Stativ für sein Hy-
neter zu finden. In den meisten Fällen jedoch ist es bes-
solche Geräthschaften aus Stoffen zu verfertigen, die kei-
bedeutenden Ausdehnung unterworfen sind, und für die
meidlichen Verlängerungen nach der Temperatur Rech-
zu tragen. *H.*

Compressibilität.

ıammendrückbarkeit; *Compressibi-*
; *compressionis capacitas;* Compressibilité;
ɔressibility, compressibleness; nennt man diejenige
ıchaft der Körper, vermöge deren sie durch die Einwir-
mechanischer Gewalt in einen geringeren Raum zusam-
preſst werden können, als den sie vorher einnahmen.
t man die Sache in dieser Allgemeinheit, so giebt es kei-

---

[1] Th. I. dieses Wörterbuchs. pag. 565. und 576.

nen Körper, welcher nicht compressibel genannt werden denn da alle Körper durch Wärme ausgedehnt werden [1] ihr Volumen allezeit durch ihre Temperatur bedingt. zwar die Gewalt, womit sich die Körper ausdehnen grofs, aber nicht unendlich, und wird daher eine zusa drückende Kraft angewandt, welche gröfser ist als di womit sie sich durch vermehrte Wärme ausdehnen, so sie hierdurch nothwendig zusammengedrückt werden, u somit alle compressibel, oder die Eigenschaft der Comp lität ist nach diesen Gründen eine *allgemeine*, *allen l zukommende*. Die hierbei gleichfalls aufgeworfene Frage lich, ob die Materie an sich, also auch ihre kleinsten El oder Atome compressibel sind, kann man entweder zurü sen, insofern die Naturforschung uns noch nicht über schaffenheit der Atome belehrt hat, oder man kann sie nen in Gemäfsheit derjenigen Vorstellungen, welche v von den Elementen der Körper machen müssen, insof diese nur die *absoluten* Eigenschaften der Materie, kein aber die *relativen* der Körper, worunter auch die Comp lität gehört, ausgedehnt werden können.

Der Grad der Compressibilität der verschiedenen ist sehr verschieden. Am meisten lassen sich die elastisc sigen oder expansibelen, weit weniger die tropfbar flüssig in sehr ungleichen Graden die festen zusammendrücker beiden ersteren nehmen aufserdem, sobald die comprin Gewalt aufhört, ihren früheren gröfseren Raum wieder ei heifsen deswegen, wenn sie sich in jeden beliebigen, de primirenden Gewalt umgekehrt proportionalen Raum dehnen, *elastische*, oder besser *expansibele* Flüs ten [2] (*Expansibilien*), wenn sie aber nach aufhörend fserem Drucke und bei unveränderter Temperatur genau il heres Volumen wieder annehmen, *elastisch*, welcl genschaft der Elasticität auch den festen Körpern unter sen Bedingungen allgemein zukommt. Beide Eigenschafte den am gehörigen Orte untersucht, und daher hier am

1 S. Th. I. p. 557.

2 Vergl. *Elasticität*.

gangen, obgleich bei den expansibelen Flüssigkeiten auf Compressibilität, oder vielmehr auf den Grad und die Stär- ihrer *Compression*, ihrer *Zusammendrückung* jederzeit Rück- genommen werden mufs. Versteht man aber unter Com- ibilität diejenige Eigenschaft der Körper, vermöge welcher in einen geringeren Raum zusammengeprefst werden kön-, und in diesem auch bei nachlassendem Drucke ganz oder Theil verharren, welches die richtige Bestimmung insofern die *Compressibilität* von der *Elasticität* schieden werden mufs, so kommt diese nur den festen pern zu. Im Allgemeinen ist dieselbe eine Folge der locke- Zusammenfügung der Bestandtheile. Bei vielen Körpern ist sehr auffallend, z. B. bei den Hölzern, beim Leder, beim er, bei der Pappe, gefilzten Körpern, gewebten Zeugen u. m. Alle diese lassen sich mechanisch bedeutend zusam- drücken, indem ihre Theile einander näher gebracht, und lbst dadurch dichter und fester werden. Weniger auffal-, aber auf dem nämlichen Grunde beruhend, ist dieses bei Metallen, welche indefs gleichfalls durch Drahtziehen, mern, Pressen z. B. beim Münzen, Walzen u. s. w. entwe- im Ganzen oder zunächst der Oberfläche mehr oder minder mengeprefst werden, und ihr früheres Volumen meistens durch Erhitzung wieder annehmen. Zuweilen ist die Zu- drückung nur scheinbar, z. B. beim Elfenbein, dem Blei m., indem die Theile zwar nach einer Dimension einander gebracht werden, nach einer andern aber zugleich sich entfernen. Glas, noch zähe durch Hitze, fand Graf oi [1] durch die heftigsten Schläge mit dem Rammklotze compressibel, und hält es daher auch in diesem Zustande elastisch.

Hiernach können wir also vorzugsweise nur den Metallen pressibilität zuschreiben, und diese ihre Eigenschaft ist auch mein bekannt. Minder ist dieses der Fall bei den Holzar- obgleich diese ohne Ausnahme in einem noch weit höhe- Grade compressibel genannt werden können, indem sie sich ohl nach der Länge als auch nach der Quere ihrer Fibern

1 G. XLIII. 98.

bedeutend zusammendrücken lassen. Werden hölzerne Cyli
der oder Säulen nach der Länge ihrer Fibern einige Minu
unter einer starken Presse zusammengedrückt, und unmittelb
ins Wasser geworfen, so sinken sie unter. Dauert die Zusa
mendrückung längere Zeit, so kommen die Hölzer überh
nicht wieder zu ihrem früheren Volumen zurück, aufser w
dieses durch Zutritt von Feuchtigkeit geschieht [1]. Auch K
läfst sich so stark zusammendrücken, dafs er specifisch sch
rer wird als das Wasser [2], wenn der Druck ihn von allen
ten trifft. Legt man in ein dickes Glasgefäfs mit einer Comp
sionspumpe eine Korkkugel, und comprimirt die Luft d
durch schnelle und starke Stöfse, so wird sich die Kugel
zu weniger als ein Drittheil ihres Volumens zusammenzi
beim Entweichen der Luft aber ihr früheres Volumen wi
erhalten. Ist das Gefäfs zum Theil mit Wasser gefüllt, wo
der Kork schwimmt, so wird zwar etwas Wasser in dens
dringen, dennoch aber sein Umfang auf gleiche Weise ab
men, und er zu Boden sinken. Hiervon leitet Leslie die
scheinung ab, dafs eine mit Luft gefüllte und gut verko
Flasche, wenn sie 20 bis 30 Lachter tief in die See ge
wird, nach dem Herausziehen mit Wasser gefüllt ist, wel
nicht durch die Poren des Korkes, sondern neben dems
eindringt, so dafs die Flasche zugleich verkorkt bleibt.

Die Compression, welche das Holz beim enormen Dr
des Wassers erleidet, gehört unter die auffallendsten Ersc
nungen. Wenn Stücke Eichen, Eschen, Ulmen oder sonst
Holz bis zur Tiefe von 1000 Faden in die See gesenkt und w
der heraufgezogen werden, so hat man gefunden, dafs sie
ihres Gewichtes an Wasser enthalten, und im Wasser wie St
ne untersinken. Daher schwimmen die Stücke der Schiffe, w
che am Ufer zertrümmert sind, oben auf, wenn aber Schiffe
Ocean sinken, so wird das Holz so dicht, dafs es nie wied
die Höhe kommt [3]. *M.*

---

1 Vergl. *Ausdehnung* I. 555.

2 Leslie Elements of Natural Philos. Edinb. 1823. 8. I. 26.

3 W. Scoresby Account of the Arctic Regions. cet. Edinb. 18
II Vol. 8. I. 191 ff.

Compressionsmaschine.

Compressionspumpe, Condensationspumpe, oder Condensationsmaschine; *Machina condensatoria;* Machine de compression ou de condensation; *Condensing engine.*

So kann im Allgemeinen jede Maschine genannt werden, womit man Körper comprimirt oder zusammendrückt. Dahin gehören also namentlich die Druckwerke der Feuerspritzen und der verschiedenen hydraulischen Maschinen, die Pressen, Walzenwerke u. dgl. m. Zunächst aber verstand man ehemals darunter diejenigen Maschinen, mit welchen man im Gegensatze gegen die exantlirenden Luftpumpen die Luft verdichtete. Neuerdings hat man inzwischen die Entdeckung gemacht, dafs verschiedene expansibele Flüssigkeiten durch starke Compression tropfbar flüssig werden, und auch die tropfbaren Flüssigkeiten durch sehr starken Druck gewisse Veränderungen erleiden, vorzüglich wenn hiermit zugleich Erhöhung der Temperatur verbunden werden kann. Es ist daher für die Erweiterung der Wissenschaft allerdings von Wichtigkeit, Maschinen zu besitzen, durch welche gegen die zu untersuchenden Körper eine sehr grofse Compression ausgeübt werden kann. Um daher dasjenige, was in dieser Hinsicht bisher geschehen ist und noch geschehen kann, besser zu übersehen, mag folgende Darstellung dienen.

1. Compressionsmaschinen für Luft und Gasarten.

Soll die Compression der Luft nur bis höchstens auf etwa 10 Atmosphären gebracht werden, so kann man sich hierzu der gewöhnlichen Condensationspumpen bedienen. Für sehr geringe Verdichtungen, etwa 2 Atmosphären hat man die Luftpumpen eingerichtet, indem man da, wo die exantlirte Luft entweicht, einen Teller anbringt, eine Campane darauf festdrückt, und die durch die Oeffnung des gewöhnlichen freien Tellers eingesogene Luft unter derselben verdichtet. Bei Hahnluftpumpen darf man nur die Hähne umdrehen, um die Maschine, statt zur Exantlirung, zur Compression einzurichten. In-

defs schliefsen die Emboli den Luftpumpen selten dicht gen
um damit zu compriminiren, und die Anwendung derselben
diesen Zweck kann ihrer Genauigkeit leicht nachtheilig wer
weswegen dieses ein für allemal verwerflich ist.

Eine eigene Compressionsmaschine oder Condensatio
pumpe hat HAWKBEE [1] gebraucht, eine oben und unten
Messing gefafste Glaskugel, auf welche eine gewöhnliche Co
densationspumpe geschroben, und hiermit die Luft in je
verdichtet wird [2]. Mehr noch beachtet, und allgemeiner
braucht ist die durch NOLLET [3] vorgeschlagene Maschine.
Fig. 74. ist aus der Zeichnung völlig klar, aus welcher sich ergi
dafs dem Hahn E der Vorzug vor Hawksbee's Blasenventile
geben ist. A D ist der Pumpenstiefel von Messing, D C
Rohr von demselben Metall, und die Kugel wird aufgesch
ben; eine für die meisten Versuche zu beschränkte Einricht

Wegen der Unbequemlichkeit des steten Umdrehens ei
Guerickschen Hahns kehrte WINKLER [4] wieder zu den Venti
zurück, und zwar zu den Blasenventilen. Soll die Verdic
tung nicht stark werden, so ist diese Einrichtung ohne Zw
fel die beste, aber es ist zu bezweifeln, dafs man hiermit w
ter, als bis zum höchstens vierfachen atmosphärischen Dru
gelangen könne. Am schönsten sind diese Maschinen au
führt durch HAAS und HURTER, und ihre Einrichtung ist i
Wesentlichen folgende. Auf einem Tischchen sind die beid
Fig. 75. Säulen G, G befestigt, zwischen denen sich ein eben geschli
fener messingner Teller befindet. Auf diesen wird die sehr st
ke, oben und unten genau eben geschliffene Campane, nac
dem auf ihren oberen und unteren Rand etwas Pomade auf
strichen ist, aufgesetzt, oben auf dieselbe das gleichfalls fla
geschliffene massive Messingstück gelegt, durch welches in e
ner Lederbüchse der Draht P L luftdicht beweglich ist, u

---

1 Course of Mech. Opt. cet. Experiments. p. 17. Vergl. W
nützl. Vers. III. Cap. 1.

2 Eine dieser ähnliche Compressionsmaschine, welche sich no
in einigen Cabinetten findet, einen messingenen Cylinder mit zwei Gla
scheiben an den Flächen beschreibt s'Gravesande Phys. El. II. 610.

3 Art des Expériences III. 10.

4 Anfangsgr. d. Phys. Leipz. 1754. 8. p. 130.

rch den hölzernen Querbalken D vermittelst der Schrauben K festangedrückt. Aus der Mitte des Tellers führt ein Ca- zum Boden der Compressionspumpe F X, worin sich ein enventil befindet, und bei welcher die Kolbenstange mit Handhabe Q nebst dem aufgeschraubten Deckel W, um aufgezogenen Embolus zurückzuhalten, damit er nicht ganz usgeht, und dem Löchelchen bei α zum Eindringen der : nach dem Aufziehen des Embolus für sich deutlich sind. schräge Richtung der Pumpe erleichtert sehr die Arbeit des primirens. Bei B ist eine Schraube, welche geöffnet wird, n man die comprimirte Luft unter der Campane wieder weichen lassen will. Endlich ist mit dem, vom Teller zum en der Compressionspumpe führenden Canale das messingne ck R, mit der eingekitteten, auf einer elfenbeinernen Scale enden starken Glasröhre S, verbunden, in welcher lezteren h eine bis zum Null der Scale reichende Quecksilbersäule be- lt. Indem dann die Luft unter der Campane comprimirt d, drückt sie zugleich gegen die Quecksilbersäule, und n schliefst aus dem verminderten Raume, welchen die zu- mengedrückte Luft in der Röhre einnimmt, nach dem *ma- ttschen Gesetze* auf den Grad der Verdichtung. Diese Art r *Compressionsmesser* ist die einfachste, sicherste und meisten gebräuchliche.

Auch andere Künstler haben diese Arten von Compres- spumpen mit unbedeutenden Veränderungen ausgeführt. in gehören z. B. die von Greppin und Billiaux nach Art Nolletschen Luftpumpe verfertigte [1], die von Dümotiez der stiefeligen Luftpumpe nachgebildete [2] u. a. m. Weil in- s die Blasenventile bei sehr starkem Drucke zerreifsen und hin leicht ungenau schliefsen, so ist es am räthsamsten für Compression der Luft überhaupt, Kegelventile anzuwenden, e sie bei den einfachen und im Allgemeinen zweckmäfsigsten *mpressionspumpen der Windbüchsen* allgemein ge- uchlich sind. Sie bestehen aus einem eisernen Stiefel C C, welchen die zur Aufnahme der verdichteten Luft bestimmte Fig. 76.

---

1 J. de Ph. XIX. 438.
2 Ebend. XXXI. 431.

Kugel B vermittelst einer starken Schraube geschroben ist. Kugel, oder bei einigen Windbüchsen der Kolben, mufs Eisen seyn, oder von getriebenem Kupfer, und im let Falle fast 0,5 P. Z. Metallstärke haltend. Bei d d, wo Hälften zusammengeschroben und dann hart gelöthet wer mufs die Metallstärke nahe 1 Z. betragen. Die Compres pumpe ist im Mittel 2 bis 2,5 F. lang und nur 0,5 Z. inw weit, wie denn nach aërostatischen Gesetzen die Compre so viel weiter getrieben werden kann, je enger die Pump An der Handhabe A befindet sich die eiserne Stange a dem Embolus β, welcher aus Scheiben von Sohlenleder, schen zwei eisernen Platten festgeschroben und abgedreh steht. Er mufs anfangs sehr compress in dem Stiefel be lich, hinlänglich lang und mit Oel getränkt seyn, welch besten in die Scheiben dringt, wenn man sie anfänglich warmen Wasser durchnäfst und dann mit Pomade aus schmolzenem Wachs und Oel tränkt. Das obere eiserne S der Kugel e e hat eine conische Oeffnung und darin das schliffene, oder auch wohl mit einer feinen ledernen K überzogene Kegelventil α, welches anfänglich durch die ralfeder β verschlossen wird, nachher aber wegen des st Luftdruckes von selbst genugsam angedrückt wird. Ob Stiefel bei g befindet sich ein kleines Löchelchen, so hoch, es bei aufgezogenem Embolus gerade unter demselben ist, welches die Luft oder das Gas, letzteres aus einer Thie oder einer sonstigen Vorrichtung eingesogen, zum Compri werden eindringt. Bei den Tyroler und den in Wien verf ten *Windbüchsen* soll der Embolus der Compressionspu blofs aus einer einzigen Scheibe sehr dicken Sohlenleder bestehen, welches unten an die Stange a a geschroben m walt in den Stiefel geprefst wird, so dafs es nach Unte concav gewölbte Fläche bildet, und weil es des engen Ra wegen nicht wieder eben werden kann, der am stärksten primirten Luft keinen Ausweg verstattet. Ich kenne i diese Einrichtung nur aus mündlich mitgetheilten Besc bungen.

Fig. 77.

Unter diese Art von Compressionspumpen gehört auch jenige, welche Cuthberson für Thomas Northmore verfert

[1], um die Veränderungen zu untersuchen, welche Gasge-
sche durch starke Compression erleiden. Sie hat indefs
its ausgezeichnet Eigenthümliches, indem sie bloſs aus ei-
gewöhnlichen Compressionsröhre mit einem angeschrobenen
bindungsstücke besteht, um an dieses wieder den erforder-
en Glasrecipienten zu schrauben. In dem Verbindungsrohre
ndet sich ein durch eine Feder niedergedrücktes Kegelven-
nd eine seitwärts angeschrobene Verbindungsröhre mit ei-
Hahne und einer Blase, um die erforderlichen Gasarten
führen. Der Glasrecipient hatte aber nur 0,5 Z. Glases-
te, und die gröſste Verdichtung ging daher nur bis zur
zehnfachen atmosphärischen.

Wenn man annimmt, daſs beim Comprimiren weder neben
Embolus noch durch die Schrauben und Ventile überall
e Luft entweicht, so läſst sich der Grad der Verdichtung
t finden. Heiſst nämlich die Dichtigkeit der comprimirten
sibelen Flüssigkeiten d, die der äuſsern Luft = 1 gesetzt,
Inhalt des Gefäſses, worin die Luft comprimirt wird = V,
Stiefels nach Abzug des Raumes, welchen der Embolus ein-
nt = v, die Zahl der Kolbenstöſse = n, so ist:

$$d = \frac{V + nv}{V};$$

ach d für einen unendlichen Werth von n gleichfalls un-
ich werden müſste, wenn das mariottesche Gesetz absolut
ig und die Sache überhaupt ausführbar wäre. Besser miſst
, so weit dieses Gesetz gewiſs gültig ist, den Grad der
ichtung vermittelst des oben angegebenen *Compressions-*
ssers R S. Nur in sehr seltenen Fällen dürfte man daher
nlaſst werden, von dem durch Seaward [2] angegebenen,
sogenannten Birnprobe ähnlichen Apparate Gebrauch zu
chen. Dieser besteht aus einem eisernen oder gläsernen Ge-
e A mit Quecksilber, welches anfänglich durch die Röhre a
efüllt werden kann, so lange die Röhre c c bei d noch öf-
ist, bis dasselbe ihre Mündung bei f sperret. Schraubt
nachher die Schraube bei d fest, setzt den Apparat unter
Campane, welche die comprimirte Luft enthält, so dringt

Fig. 75.

Fig. 78.

1 G. XXX. 283.
2 Phil. Mag. and Journ. 1824. Jan. p. 36.

diese durch a, treibt das Quecksilber durch die Röhre b in Raum B, und die Höhe, bis zu welcher dasselbe in der R c c aufsteigt, zeigt den Grad der Verdichtung. Dafs d erst neuerdings erfundene Instrument einem einfachen *Ma meter* [1] nachsteht, lehrt der Augenschein, und es verd also nicht unter die physikalischen Apparate aufgenomm werden. So lange übrigens die Verdichtung nicht über d nige Grenze hinausgeht, für welche das Mariottesche G noch als gültig erwiesen ist, kann die Stärke der Conden vermittelst des Manometers gemessen werden. Wäre es möglich, dieselbe bis auf hundert und mehrere hundert A sphären zu treiben, so würde uns bis jetzt noch das Mittel len, diese genau zu messen, so wichtig es auch für vers dene, in den neuesten Zeiten theils angestellte theils vo schlagene Versuche seyn würde, die Verdichtung genau best men zu können.

Die Condensations- oder Compressionspumpen haben nen sehr eingeschränkten Gebrauch, wie man denn überh die comprimirte Luft weit weniger als die verdünnte anwe Oft wird dieselbe angewandt im Windkessel der Feuerspr und bei sonstigen hydraulischen Maschinen, bei den versc denen Arten der Gebläse u. s. w. Als blofse Spielwerke die Heronsbälle und ähnliche Apparate zu betrachten, ve telst derer man das Wasser durch verdichtete Luft aus fe Röhrchen springen läfst, wie ein solcher nach der gewöh chen Construction aus der blofsen Zeichnung hinlänglich ist, und leicht auf mannigfaltige Weise, theils rücksichtlich Gefäfses A, worin sich das Wasser und die comprimirte L befindet, theils hinsichtlich des Spritzen-Rohres b und se verschiedenen und vielfach gestalteten Oeffnungen abgeän werden kann [2].

Fig. 79.

2. Compressionsmaschinen für Wasse

Unter die Compressionsmaschinen können auch diejen Apparate gerechnet werden, deren man sich bedient hat, um d

---

1 Vergl. *Manometer*.

2 Ueber den Einflufs der verdichteten Luft auf organische We sen, auf die Stärke des Schalles, des Verbrennens u. s. w. wird an de geeigneten Stellen gehandelt.

sticität des Wassers zu erforschen. Die Mitglieder der
Academia del Cimento bedienten sich zuerst der Kugeln,
die anfangs von Glas, nachher von Kupfer mit gläsernen
Röhren machten, erkälteten das Wasser darin und dehnten es
dann durch Wärme aus, wobei die Röhren oder die Kugeln
zerbrachen. Auch durch die Dämpfe des Wassers suchten sie
das Wasser zu comprimiren, eine Vorrichtung, welche spärter
Emkrantz wieder in Vorschlag gebracht hat [1]. Nachher
thaten sie das Wasser in starke gläserne Röhren, worin eine
enge lange Röhre so gesenkt war, dass Quecksilber unter das
Wasser trat, ohne dass letzteres oben entweichen konnte, und
drückten es auf diese Weise durch eine vier Ellen hohe Quecksilbersäule, ohne Verminderung des Volumens wahrzunehmen.
Endlich schlossen sie dasselbe in silberne Kugeln ein, schroben
diese mit einem Deckel zu und verlötheten diesen, hämmerten
sie dann zusammen, wodurch das Wasser, wie sie meinten,
die Poros des Metalles zu durchdringen gezwungen wurde [2].
Schon Baco von Verulam hatte diesen Versuch mit bleiernen
Kugeln in der Art angestellt, dass er sie mit Wasser füllte,
dann zuschmolz und zwischen einem Schraubstocke platt
drückte, wobei ihm gleichfalls das Wasser durch die Poren des
Bleies zu dringen schien [3]. Musschenbroek wiederholte dieses
Experiment mit bleiernen und zinnernen Kugeln, und erhielt
ein gleiches Resultat [4], zeigte auch sehr richtig, dass das von
Honoratus Fabry und Boyle [5] beobachtete fontainenartige
Herausspringen des Wassers aus solchen Kugeln nach der Erzeugung einer kleinen Oeffnung eine Folge der Elasticität des
Metalles, aber nicht des Wassers sey. Du Hamel [6] nahm
eine blosse Compressionspumpe, um mit dem Stempel derselben
das Wasser zusammenzudrücken.

In England bediente man sich, um zu zeigen, dass das

---

1 Pfaff und Friedländers J. St. V. p. 76.

2 Musschenbroek Tent. Exper. cet. II. 59. Vergl. Saggi di naturali esperienze, fatte nell' Academia di Cimento cet. 1661. fol. p. 197.

3 Opera omn. transl. op. S. I. Arnoldi. Lips. 1694. fol. p. 390.

4 a. a. O. p. 65.

5 Vergl. Boyle Opp. Var. Genevae 1677. 4. exp. XX.

6 Philosophia Vetus et Nova. Par. 1681. 4. Lib. III. cap. 4.

Wasser nicht compressibel sey, zinnener Kugeln mit eine
ken Aufsatze, worin eine weibliche Schraube geschnitte
Die Kugel wurde mit Wasser gefüllt, dann eine eiserne
liche Schraube hineingeschroben, worauf das Wasser tr
weise durch das Metall drang oder in sehr feinen Strahle
ausspritzte. Eine solche erhielt HOLLMANN von SHAW ir
land, und leitete das Durchdringen des Wassers von der
sität des Metalles her [1], LICHTENBERG aber erklärte dass
seinen Vorlesungen richtiger aus einem Zerreifsen des
FONTANA [2] bediente sich zur Compression des Wassers
hohlen metallenen Cylinders mit einem viereckten Aufsat
starken Glasplatten. Hierin stand ein Gefäfs mit Wasser
ches in ein Haarröhrchen endete; die Luft um dasselbe
durch eine gemeine Compressionspumpe verdichtet, und e
das Wasser in dem durch die Glasplatten gesehenen Haa
chen. Eines ähnlichen Apparates bediente sich CANTON
die Compressibilität verschiedener Flüssigkeiten zu unters
nämlich einer Kugel mit einem langen und engen Rohre,
Inhaltsverhältnifs genau untersucht war. Diese füllte
den zu untersuchenden Flüssigkeiten, brachte sie dann
unter eine Luftpumpe, dann eine Condensationspumpe
mafs, wie viel sie sich durch Entfernung des Luftdruck
dehnten, demnächst aber durch den einfachen und dop
Luftdruck zusammengedrückt wurden [3].

Diese letzteren Vorrichtungen sind für ihren Zweck
Widerrede die vorzüglichern, und verdienen vor verschie
andern den Vorzug. Dahin gehört vorzüglich die durch
BERGER [4] und NOLLET [5] gebrauchte Glasröhre, welche na
der Mariotteschen gekrümmt war, aber im kürzeren Sc
Wasser statt Luft, und im längeren das zusammendrü
Quecksilber enthielt, wobei es in die Augen fallend ist, d
geringe Elasticität des Wassers wegen der gröfseren des
nicht genau beobachtet werden kann. Eben diesem Fehl

1 Sylloge Comment. Gott. 1762. 4. p. 34.
2 Journ. des Sçavans. 1777. Juillet.
3 Phil. Trans. 1762. p. 640. 1764. p. 261. Hamb. Mag. X
4 Elementa Physices. p. 171.
5 Leçons de Phys. I. 122.

gt auch diejenige Compressionsmaschine, wodurch Abich bekannten Versuche angestellt hat [1]. Sie besteht aus dem Fig. 80. ngenen Stiefel CCCC welcher oben und unten enger, in itte weiter ausgebohrt ist. Oben befindet sich die eiserne ng PQRS, durch welche die Stange T geht, unten mit Fett gekochten ledernen Scheiben versehen, deren Schlie-, wenn sie durch die eiserne Platte $\alpha\beta$ zusammengeschro-aren, einen solchen Grad der Genauigkeit erreichte, dafs ofsen Ueberwindung der Reibung 80 ℔ Kraft erfordert n. Indem daher hierdurch auch die Luft comprimirt mufste, war unten das eiserne, mit Leder umgebene entil n angebracht, welches vermittelst der aufliegenden n Scheibe uu und der Schraube v festgeschroben wurde, em die Maschine umgekehrt, und von unten mit Wasser t war. Auf das obere Ende der Stange T drückte anfangs chraube, nachher der leichteren Rechnung wegen ein He- mit einem Gewichte an seinem Ende, und aus der Tiefe, weit der Embolus niedergedrückt werden konnte, und halte des Stiefels wurde die Stärke der Zusammendrückung ein gegebenes Gewicht berechnet. Man sieht bald, dafs der Elasticität des messingnen Stiefels und des, wenn noch so geringen Eindringens von Wasser zwischen den die Compression des Wassers nie genau gefunden wer-kann. Eben diesem Fehler unterliegt die durch C. H. [2] vorgeschlagene Compressionsmaschine, welche aus ei-isernen Flasche A und einem damit verbundenen langen Fig. 81. B besteht. Wird die erstere mit Wasser gefüllt, auf wel-ine in dem letzteren befindliche Quecksilbersäule von ver-icher Höhe drückt, so wird das Wasser comprimirt. Ver-st man demnächst den Hahn b und öffnet den Hahn a, gt das Wasser im Haarröhrchen C um so viel, als seine mendrückung beträgt [3].

---

[1] Ueber d. Elasticität des Wassers u. s. w. von E. A. W. Zimmer- Leipz. 1779. 8.

[2] G. LXXII. 161.

[3] Der Apparat, obgleich in seiner jetzigen Einrichtung aus dem- benen Grunde unbrauchbar, ist deswegen aufgenommen, weil er leicht so abändern läfst, dafs die Elasticität des Gefäfses A von

Dem hier gerügten Fehler unterliegen die beiden folgend Apparate nicht.

Perkins *Piezometer* [1] besteht aus einem wasserdicht metallenen hohlen Cylinder A, auf welchen der Deckel C fest geschroben wird. In dem letzteren bewegt sich wasserdicht d Cylinder D, dessen verhältnifsmäfsige Gröfse gegen den Inh des hohlen Cylinders bekannt seyn mufs. Durch einen stark äufseren Druck wird dieser Cylinder in den gröfseren, mit Wa ser gefüllten, bis zu einer Tiefe eingedrückt, welche der f dernde Ring a angiebt, und hieraus die Compression berech

Fig. 82.

Diesen Cylinder setzte Perkins in einen Kanonenlauf einem Deckel, worin sich eine Compressionspumpe und Ventil befand, welches durch aufgehängte Gewichte, für j Atmosphäre 1 ℔, die Stärke des Druckes angab. Ein Dru von 100 Atmosphären zeigte eine Zusammendrückung von 0,0 des Wassers, und eben dieses Resultat wurde erhalten, als Pe kins das Instrument bis zu einer Tiefe von 500 fathoms (300 F. engl.) in die See herabsenkte.

Um indefs die Reibung und Zusammendrückung des Led um den Cylinder D in der Lederbüchse zu vermeiden, verfe tigte Perkins ein anderes Instrument. Dieses besteht aus ein eisernen, in der Mitte etwas zusammengedrückten Cylinder A, in welchen die mit einem genau schliefsenden Ventile verschlo sene Röhre E führt. Das Instrument wird mit Wasser gefüll dann in eine Wasserpresse gesetzt, und die Menge des durc einen gemessenen Druck eingedrungenen Wassers nach de Herausnehmen durch das Gewicht bestimmt. Ein Druck vo 326 Atmosphären hatte die Menge des Wassers um 0,035 ver mehrt.

Fig. 83.

Sehr genaue Versuche mit einem, dem Cantonschen äh lichen Apparate, stellte Oerstedt [2] an, und nahm zur Umge

---

keinem weiteren Einflusse bleibt, z. B. wenn man Wasser zugleich i Gefäfse A und um dasselbe zusammendrückte, den Einflufs des letzt ren aber nach dem Verschliefsen des Hahnes b und vor dem Oeffnen v a aufhöbe.

1 Phil. Trans. 1820. 324. G. LXXII. 173.

2 Denkschriften der Copenhagener Soc. 1822. Annals of Ph 1823. Jan. 53.

ng der Röhre, worin die Compression vorgenommen wurde, eichfalls Wasser, um dem Einwurfe zu entgehen, dafs bei je- n Versuchen durch die Compression der Luft Wärme entwik- lt sey. Indefs wird bei langsamer Compression nur wenig ärme ausgeschieden, und diese bald wieder abgeleitet, wenn r Apparat eine Zeitlang ruhig steht; weswegen Cantons Vor- chtung in so fern vorzüglicher ist, als sie dagegen sichert, fs sich nicht durch die Gesetze der Anziehung etwas Wasser ben dem sperrenden Quecksilber vorbeidrängt. Oersted's parat bestand aus einer starken Glasröhre A B C D auf einem Fig. 84. ernen Fuſse. Oben auf dieselbe war eine messingne Fassung gekittet, und eine in diese gehende Schraube F comprimirte s Wasser in der Röhre. In dieser lezteren stand ein bleier- r Cylinder d mit Drähten, welche die Scalen trugen. Das serne Gefäfs a, zur Messung der Compression bestimmt, war it Wasser gefüllt, und endigte in ein feines Haarröhrchen, wvon 1 Lin. nur 0,000005501 vom Inhalte der Flasche aus- achte. Das Wasser in derselben war oben durch ein wenig ecksilber gesperrt, um die Grenze desselben bei der Zusam- endrückung genau zu bezeichnen. Neben dieser Röhre war e andere e f mit Luft gefüllt und mit Quecksilber gesperrt, n nach dem mariotteschen Gesetze den Grad der Zusammen- ückung zu messen. In wiederholten Versuchen, wobei die mpression bis zum fünffachen Drucke der Atmosphäre bei °,5 Temp. getrieben wurde, fand Oerstedt 1. dafs der Grad r Zusammendrückung der zusammendrückenden Kraft direct oportional ist, und 2. dafs das Gewicht einer Atmosphäre s Volumen des Wassers um 0,000047 vermindert. Aus dem sten Satze wäre also die vollständige Elasticität des Wassers s erwiesen anzusehen [1].

8. Allgemeine Compressionsmaschinen.

Die meisten der bisher angegebenen Compressionsmaschinen ssen sich zwar sowohl zur Zusammendrückung der expansibe- n als auch der tropfbaren Flüssigkeiten anwenden, indefs ebt es auch andere, welche ursprünglich für einen solchen

1 Vergl. *Elasticität.*

allgemeinen Gebrauch construirt sind, und es läfst sich au[illegible]
dem die Zahl dieser Apparate nach den einmal besteh[illegible]
Grundsätzen leicht vervielfältigen. Eine solche ist die,
nächst zum Filtriren, Aussüfsen u. s. w. bestimmte, aber [illegible]
zum allgemeinen Gebrauche einzurichtende Druckpumpe, [illegible]
Fig. 85. che Repsold verfertigt und G. Embcke beschrieben hat [1].
ist ein Dom von getriebenem Kupfer [2] unten luftdicht a[illegible]
nen metallenen Teller geschroben, oben mit einem Ven[illegible]
versehen, wovon jeder Einschnitt zwei Atmosphären [illegible]
spricht. Unter diesen werden die Gefäfse mit denjenigen [illegible]
stanzen gesetzt, auf welche man den Druck der Luft oder
Wassers wirken lassen will. Die Druckpumpe H mit ih[illegible]
Mechanismus ist aus der Zeichnung kenntlich. Aufserdem [illegible]
befindet sich bei m ein Hahn, und bei c eine mit einem Ve[illegible]
verschlossene Zuleitung, durch welche Luft oder Flüssigk[illegible]
in den Zuleitungs-Canal gelangen, und vermittelst der C[illegible]
pressionspumpe unter den Recipienten geprefst werden kön[illegible]

Weil man in den neuesten Zeiten schon verschiedene G[illegible]
arten durch hohen Druck tropfbar flüssig gemacht hat, au[illegible]
dem aber eine sehr starke Compression höchst wahrschei[illegible]
manche Processe der Verbindungen, Krystallisationen u. [illegible]
bedingt; so mufs daran gelegen seyn, die Zusammendrüc[illegible]
der expansibelen und tropfbaren Flüssigkeiten möglichst [illegible]
zu treiben. Eine hierzu bestimmte Maschine lasse ich ge[illegible]
wärtig ausführen, und kann daher vorläufig nur die Idee a[illegible]
ben. Es sind hierzu bestimmt zwei allerdings schwer zu v[illegible]
fertigende Cylinder von Glas, 8 Z. im Durchmesser halt[illegible]
3 Z. hoch mit einer Oeffnung von 2 Z. Dafs das Glas di[illegible]
unförmlichen Dicke ungeachtet noch hinlänglich durchsic[illegible]
geblieben ist, zeigt die Möglichkeit der Ausführung, und vi[illegible]
leicht lassen sich auch solche Cylinder von 6 oder gar 8 Z. Hö[illegible]
verfertigen, welches ungleich besser seyn würde, als die Cyli[illegible]
der, nachdem sie auf beiden Seiten eben geschliffen sind, v[illegible]

---

1 Schweigg. J. XXXI. 90.

2 Für einen allgemeinen Gebrauch müfste statt dessen ein gläs[illegible]
ner hohler Cylinder von hinlänglicher Stärke genommen werden, [illegible]
die im Innern vorgehenden Veränderungen wahrnehmen zu können.

mit zwischenliegendem Leder und Terpentin, oder einem
-gen Kitte aufeinander zu legen, um die gröfsere Höhe zu
-en. Die übrige Construction ergiebt sich von selbst, und
-t darin, dafs dieser Glascylinder oben und unten hinläng-
-tarke, wenigstens einen Zoll dicke, fest aufgekittete und
-h Schrauben gesicherte Deckel erhält, wovon der obere
-ner geeigneten Compressionspumpe versehen werden mufs,
Embolus mit einer Schraube niedergedrückt, dem Ent-
- nach eine Compression von 500 bis 1000 Atmosphären
-bringen soll. Der innere Raum wird dann mit Wasser
-t, das Gefäfs mit der zu comprimirenden Substanz hinein-
-t, und durch Hineinpressen von Wasser die Compression
-kt, wobei vorläufig der Grad der Zusammendrückung
-ittelst einer kleinen Röhre, worin die Luft durch Queck-
- gesperrt ist, nach dem Mariotteschen Gesetze gemessen
-n soll. *M.*

Concavgläser.

-lgläser; *Vitra concava, lentes concavae;*
-es concaves; *Concave glasses, concave lenses;*
diejenigen sphärisch geschliffenen Gläser, welche eine hohle
-äche darbieten. Sie können an beiden Seiten concav oder
- einen concav und an der andern eben oder gewölbt seyn.
-f beziehen sich die Namen, concav-concav, plan-con-
- concav-convex. Die beiden ersten zerstreuen allemal
Lichtstrahlen, und die leztern thun eben dieses dann, wenn
Erhabenheit einem gröfsern Durchmesser als die Höhlung
-hört [1]. *B.*

Concavspiegel. S. Hohlspiegel.

Condensator der Elektricität.

-densator electricitatis; Condensateur de l'éle-
-ricité; *Condenser.* Dies ist ein von Volta im Jahre 1783
-fundenes, höchst nützliches Werkzeug, wodurch auch die al-
-schwächsten Grade der natürlichen sowohl als künstlich er-
-zgten Elektricität merklich gemacht werden können.

---

1 S. *Linsengläser.*

1. Geschichtliche Untersuchung.

Eine zufällige Beobachtung eines Liebhabers der Ph[y]
des Marquis Bellisoni in einem Zeitpuncte, wo Volta s[ich]
mit Untersuchung der Wirkung von Leitern auf einand[er]
der bloſsen Annäherung beschäftigt war, leitete die Aufm[erk]
samkeit des Letzteren auf die Erhöhung der Capacität für E[lek]
tricität, welche man im Metalldeckel des Elektrophors w[ahr]
nimmt, wenn er, statt auf den Harzkuchen gesetzt zu wer[den,]
auf einen unvollkommenen Leiter gelegt wird, und veranl[aſste]
ihn, davon weitern Gebrauch zu machen. Nach der urspr[üng]
lichen Einrichtung, die Volta dem Condensator gab, best[and]
derselbe aus zwei Haupttheilen: 1. einer Platte von einer h[alb]
leitenden oder schlechtleitenden Materie, 2. einem Deckel [oder]
Teller, die sogenannte Collectorplatte, in welcher die Ele[ktri]
cität verdichtet wird, von derselben Beschaffenheit, wie [der]
Deckel oder die Trommel des Elektrophors, welche man [an]
seidenen Schnüren oder einem isolirenden Handgriffe von [ihr]
aufheben oder niederlassen kann.

Zur *Platte des Condensators* schlug Volta [be]
sondere die sogenannten *Halbleiter* vor, welche sich der [Natur]
der elektrischen Körper oder der vollkommenen Isolator[en nä]
hern, aber doch noch einige Leitung gewähren, nam[entlich]
Platten von trockenem und reinem, vorzüglich weiſsem, *M[ar]*
mor wie den von Carrara (den gefleckten fand er weniger t[aug]
lich) von Alabaster, Achat, Chalcedon, Elfenbein, doch [nur]
wenn es vorher scharf getrocknet war, Schildplatt, mit L[einöl]
getränktes, oder beinahe bis zum Rösten im Backofen erh[itztes]
und gefirniſstes Holz, trockenes Leder, Pergament, Papier [u.]
w. Die Platten von diesen Materien wurden von Volta auf [Un]
terlagen gesetzt, durch welche sie mit dem Erdboden in v[oll]
kommener leitender Verbindung sich befanden. Doch erin[nert]
Volta, daſs man, statt der angegebenen *Halbleiter* zur Un[ter]
lage oder Basis des Condensators auch *vollkommen elektri[sche]*
oder *isolirende Körper* gebrauchen könne, wofern sie nur e[inen]
guten mit der Erde verbundenen Leiter zu ihrer eigenen Un[ter]
lage hätten. Dazu schlug Volta ein mit Siegellack, oder [mit]
Taffent oder Wachstaffent, oder mit einer dünnen Schicht [ei]
nes guten Firnisses überzogenes Blech, oder sonstige Met[all]

... war, auch Holz (wie eine Tischplatte) mit Siegellack, ... oder Wachsleinwand überzogen, ölfarbene Gemälde, ...t, oder seidne Stoffe über Mauern, Tische und dergl. ge..., kameelhärne und sehr trockene wollene Zeuge. Dem ... oder *Deckel* (der *Collector-Platte*) gab Volta ... gleiche Einrichtung, wie die des Deckels des Elektro..., wobei er als die Hauptbedingung seiner zweckmäfsigen ...haffenheit, die vollkommene Abrundung, Abwesenheit von Ecken und Schärfen und das genaueste Anpassen mit ganz ... Oberfläche an die Unterlage aufstellte.

Eine noch einfachere Vorrichtung, deren sich Volta be..., war, die Basis oder Unterlage zum Deckel oder zur Col...-Platte selbst zu machen, namentlich eine kleine recht ... Marmor-Platte, mit Ausnahme ihrer untern Fläche, mit ...öl zu überziehen, eben so die untere Fläche einer sonst ...anniol überzogenen recht ebenen Holzscheibe an ihrer un...fläche mit einer Schicht von Siegellack oder Firnifs oder ... einfachen oder doppelten Taffentlage zu versehen, wo es ... beim Gebrauche hinreichte, sie auf irgend eine ebene ...che eines mit der Erde in Verbindung stehenden Leiters ... Buchs, Tisches u. s. w. aufzusetzen, um die ganze ... des Condensators zu haben.

Da bei der Anwendung einer mit einem isolirenden Ueber... Firnifs, Siegellack u. dgl. versehene Unterlage leicht ...genthümliche Elektricität, wie beim Elektrophor, durch ...fsetzen und Andrücken der Collector-Platte erregt wer...kann, worauf Cavallo [1] aufmerksam machte, so schlug ...nberg zur Vermeidung der dadurch entstehenden Unsi...heit des Werkzeuges eine Luftschicht statt jenes elektri...n Ueberzuges vor, wo freilich die Basis nicht mehr elektro...risch wirken konnte, weil der Hauptkörper, aus welchem ...hm besteht, die Luft, jeden Augenblick wechselt. Lich...berg gab hierzu folgende nähere Einrichtung an: Auf eine ...llplatte, wozu die äufsere Seite jedes flachen zinnernen ...rs gebraucht werden kann, lege man drei Stückchen Glas, ...lein als man sie nur, z. B. aus zerschlagenem Fensterglase

[1] Phil. Trans. 1788. LXXVIII. 1. ff.

zu grofs ist, auch solche Stückchen gewöhnlich von un
Dicke ausfallen, endlich die Ecken und scharfen Kanten
ben zu einer Ueberführung der Elektricität von einer Me
te zur andern Gelegenheit geben könnten. Mir wenigs
es nie mit dieser Einrichtung gelingen wollen. Auch
zum Ueberzuge der Platten ist nicht zu empfehlen, v
solcher Condensator nicht mit sich selbst vergleichbar
dem der mehr oder weniger starke Druck der Platten
Taffent ihre Entfernung und eben damit den Grad der
sation wechseln machen kann. Eine Hauptsache ist, da
Platten an der Fläche, mit welcher sie sich berühren,
nifst seyen. Hat nur eine der beiden den Firnifsübe
läuft man, wie vorsichtig man auch die eine Platte auf
dere aufsetzen mag, doch Gefahr, dafs durch das Re
Metallfläche an der Firnifsfläche, oder auch wohl du
blofsen Druck, eine eigenthümliche, gleichsam elekt
sche Elektricität erzeugt werde, welche alle Anzeigen
densators unsicher und zweideutig macht. Dies hat n
nicht leicht zu befürchten, wenn beide Flächen mit de
Firnifs überzogen sind, weil durch das Reiben glei
Körper an einander nicht leicht Elektricität erregt wird
kann man eben darum, wenn etwa der Firnifs zu dick
gleichförmig auf die Platten aufgetragen seyn sollte, du
lindes Abreiben der Platten an einander, nachdem de
gehörig getrocknet ist, die Schichten ganz eben und s
als man will, machen, ohne dafs dadurch auf elektrop
Art Elektricität erregt wird. Für den Gebrauch ist es
die eine Platte, welche mit dem Erdboden in Verbind
hen soll, und die andere an ihrer obere Fläche mit ei
renden Handhabe, wozu eine wohl überfirnifste Glasst
Fig. 86. besten pafst, zu versehen. Die Zeichnung stellt die zv
ten vor, wie sie auf einander ruhen, wenn die Elektric
densirt werden soll. Die Schraubenmutter der Collecto
A mufs auch auf die Schraube in der Mitte der Messi
eines Bennetschen oder Bohnenbergerschen Elektrome
sen, um nöthigenfalls darauf geschraubt werden zu kö
wie dann auch die Glasstange der Collector-Platte au
dere Platte mufs geschraubt werden können. Will man
Condensators bedienen, so setzt man die Platten auf

berührt dann den Körper, dessen elektrischen Zustand man kennen lernen will, mit dem Endknöpfchen a eines metallischen Drahts, der in den Rand der obern bei dieser Anwendungsart im Dienst des Collectors versehenden Platte befestigt ist, welche Einrichtung den Vortheil gewährt, dafs man manche Körper bequemer mit der Collector-Platte in Verbindung bringen kann, und zwar unterhält man diese Verbindung nach den Umständen kürzere oder längere Zeit (von ein paar Secunden bis höchstens einige Minuten), wobei man besonders in den Fällen, wo Elektricitäten von sehr schwacher Spannung zu untersuchen sind, Sorge trägt, dafs die Collector-Platte auf die untere gut angedrückt werde, worauf man nach aufgehobener Verbindung mit dem zu untersuchenden Körper das Instrument niedersetzt, um mit aller Bequemlichkeit die Collector-Platte in die Höhe heben, und durch die Anbringung an ein Elektrometer die Elektricität derselben sowohl ihrer Stärke als ihrer Art nach, untersuchen zu können. Bei dem Aufheben der Platte ist besonders die Sorgfalt darauf zu verwenden, die Platten in so paralleler Lage als möglich von einander zu trennen, denn würde man die Collector-Platte in schiefer Richtung aufheben, so würde sich die Elektricität derselben in dem Theile, der der untern Platte am nächsten ist, anhäufen, und ihre Anhäufung könnte daselbst einen Funken nach der untern Platte veranlassen, wodurch die Collector-Platte plötzlich entladen würde. In den meisten Fällen wird der Gebrauch des Condensators dadurch bequemer, dafs man die eine Platte auf ein Elektrometer schraubt, und diese Platte, welche nun als Collector-Platte dient, mit dem Körper oder dem Quell, dessen Elektricität man untersuchen will, durch den Metalldraht a in Verbindung setzt, während man die obere Platte, in die man die Handhabe der Collector-Platte nach der ersten Gebrauchsart eingeschraubt hat, mit dem Finger berührt, und dadurch eine Leitung nach dem Erdboden erhält. Nach hinlänglich lange unterhaltener Verbindung Collector-Platte mit dem Elektricitätsquell hebt man dieselbe , und entfernt mit der oben angegebenen Vorsicht die obere te, worauf die frei gewordene Elektricität der unteren Plat- urch den Grad der Divergenz der Strohhälmchen oder Gold- tchen ihre Stärke und bei Anwendung eines Bohnenberger- n Elektrometers ohne weiteres durch den Pol, nach wel-

Fig. 87.

legenen Fläche die entgegengesetzte Elektricität auftreten
che auf die Elektricität des genäherten Körpers selbst an
und dadurch sie in ihrer freien Wirksamkeit nach aufsen
chend zurückwirkt, wodurch also gleichfalls die Intensi
vorhandenen Elektricität geschwächt, die Capacität des
sirten Körpers für neue Elektricität dagegen erhöht wird.
man z. B. die Trommel eines Elektrophors so stark ele
dafs der Zeiger eines damit verbundenen Quadranten-E
meters z. B. bis auf 60 Grade steigt, und man alsdann
seidenen Schnüren gehaltene Trommel nach und nac
den Tisch senkt, so wird der Zeiger des Elektrometers
lig auf 50°, 40°, 30°, u. s. w. fallen. Hebt man aber die
mel wieder auf, so steigt das Elektrometer wieder auf
rigen Grad, den Verlust von Elektricität abgerechnet,
dessen die Feuchtigkeit der Luft, oder andere zufälli
sachen (z. B. unmerkliche Ecken, Schärfen) veranlafst
können. Man setze die Trommel des Elektrophors sey
elektrisirt oder habe + E, so wird dieses + E bei der
herung an den Tisch einen Theil der in diesem Tische be
chen — E anziehen und binden. Dadurch wird eben
von dem + E des Tisches frei, und da es durch den ü
Theil des Tisches einen freien Abflufs in die Erde hat, s
es durch seine etwaige Anhäufung jener Wirkung des +
Trommel sich nicht entgegensetzen, welches Zurückt
durch das Uebergewicht des + E der Trommel zu S
kommt. Das auf dieses Anziehen und Binden des —
Tisches verwendete + E der Trommel kann eben darum,
es verwendet, von jenem — E gegenseitig gebunden ist,
mehr auf das Elektrometer wirken, dessen Zeiger also
lich fallen mufs. Es ist aber darum nicht verloren ge
und zeigt sich wieder in seiner freien Wirksamkeit, w
Trommel wieder vom Tische entfernt wird, weil jene w
seitige Anziehung mit der Entfernung abnimmt. Die v
ser Wechselwirkung abhängige Zunahme der Capacität u
nacität der Trommel in Beziehung auf die von ihr auf
mende und aufgenommene Elektricität wird also im Auge
der wirklichen Berührung am stärksten seyn, wofern m
hütet werden kann, dafs eine wirkliche Mittheilung o
Uebergang der Elektricität vorgehe. Um diesen Ueb

an die Bedingungen um so günstiger sind, je mehr die
ng zunimmt, zu verhüten, muſs man sowohl den
en Körper, als auch den Leiter, dem er genähert wird,
ls möglich, mit Vermeidung aller hervorragenden
harfer Ecken u. s. w. machen, und entweder durch
eines Halbleiters als Unterlage, oder durch eine dün-
t eines Isolators einen der Intensität der Elektricität
sein Widerstand entgegensetzen. Ein sogenannter
, wie z. B. eine recht trockene Marmorplatte, besitzt,
latter und ebener Oberfläche, welche mit dem elek-
eiter in Berührung kommt, diese Eigenschaft, dem
e einer an sich schwachen Elektricität, wie diejenige
die man durch Hülfe des Condensators merklich
ill, einen hinlänglichen Widerstand entgegenzusetzen,
m die vertheilende Wirkung derselben zu verhindern,
er die Erhöhung der Capacität und Tenacität des
en Körpers für Elektricität beruht. Noch sicherer
r Zweck durch eine Schicht eines vollkommenen Naht-
sicht, die nur hinlänglich dünn seyn muſs, um die
iten einander nahe genug zu bringen, und wenn eine
irniſs dazu genommen wird, viel dünner seyn kann,
Luftschicht, die bei gleicher Dünne einen viel gerin-
derstand dem wirklichen Uebergange entgegensetzt.
ungen eines so eingerichteten Condensators sind, zu-
chwachen Graden der Elektricität unglaublich groſs.
auf die Tenacität bemerkt Volta, daſs die Elektrici-
ckels, die sich in der Luft binnen wenig Minuten zer-
ürde, sich auf der Platte des Condensators mehrere
lang erhalte, ja sogar durch die Berührung mit Lei-
weggenommen werde. Er konnte an die Collector-
s Condensators den Finger oder ein Metallstäbchen
den lang anhalten, oder mit einem Schlüssel 50 bis
ran schlagen, ohne ihr alle Elektricität zu entziehen.
el gab vielmehr nach dem Aufziehen noch einen be-
en Funken. Da man gewöhnlich das Isoliren als das
ittel zur Erhaltung der mitgetheilten Elektricität an-
scheint es paradox, daſs man hier durch ein höchst
mmenes Isoliren mehr als durch das vollkommenste
richtet, daſs man sogar desto mehr ausrichtet, je un-

vollkommener die Isolirung, d. h. je genauer die Be
mit der Unterlage, und je vollkommener die leitende
dung derselben mit der Erde ist. Das Räthsel löst s
durch die gegebene Erklärung sehr leicht auf, und e
nur darauf an, Vertheilung der Elektricität durch At
renwirkung von Mittheilung und Uebergang derselben z
scheiden, welches überhaupt der Schlüssel zu den vorn
Geheimnissen der Elektricitätslehre ist. Da die Ele
sich um so leichter auch bei vollkommener Isolirun
die, auch in der reinsten Luft schwebenden Staubt
und durch die auch bei der vollkommensten Polirung ni
zu beseitigenden feinen Hervorragungen zerstreut, je
ihre Spannung ist, so muſs der davon abhängige Elekt
verlust nothwendig beim Aufliegen der elektrisirten
Platte auf einer Unterlage geringer werden, weil die S
der Elektricität so sehr geschwächt wird, und diese gr
nacität hat dem Condensator auch den Namen eines (
vators der Elektricität verschafft.

Was die Capacität betrifft, so kann der aufgesetzte
wenn er durch den Conductor einer Maschine, oder du
geladene Flasche u. s. w. elektrisirt wird, weit mehr
cität als sonst annehmen. Er zeigt zwar, so lange er
untern Platte steht, wenig oder gar nichts von dieser
cität, hebt man ihn aber auf, so wird sie sogleich n
ganzen Stärke sichtbar. Man kann daher sehr gering
der Elektricität merklich machen, weil der Deckel ve
wird, sich durch eine, ihrer Spannung nach sehr s
Elektricität, wenn nur ein hinlänglicher Vorrath da
handen ist, zu einer viel höheren Spannung laden z
Wenn man eine Leidner Flasche entladen und durch ei
te, auch wohl dritte Berührung allen Ueberschuſs an
herausgezogen hat, so ist nicht daran zu denken, d
aus ihr noch einen Funken erhalten sollte; wenn sie
noch einen leichten Faden anzieht (welches eine gut
Flasche nach der Entladung und zweimaligen Berühr
ganze Stunden und Tage lang thut), so giebt sie den
des Condensators noch genug Elektricität, um nach A
desselben noch einen merklichen Funken zu erhalten.
man ihn zum zweitenmale mit dem Knopfe der Fla

... aufgezogen einen zweiten Funken, und wird endlich die ... der Flasche so sehr erschöpft, dafs sie nicht ein... leichte Fäden anzieht und die feinsten Goldblättchen zu einiger Divergenz bringt, so kann man sie doch noch ... Condensator bemerken, dessen Deckel nach der Be... mit dem Knopfe der Flasche von seiner Unterlage ent... zwar keine Funken geben, aber doch Fäden anziehen, ... blofs die Goldblättchen, sondern selbst die Strohhalme ... treiben wird. Dieser Versuch dient zugleich zur ... der Kraft eines Condensators und zur Messung dersel... Bei starken Graden der Elektricität vergröfsern sich die ... des Condensators nicht verhältnifsmäfsig. Denn ... die dem Deckel mitgetheilte Elektricität so stark wird, ... den schwachen Widerstand der untern Platte, wenn ... einem Halbleiter besteht, oder der Firnifs- oder ... schicht überwinden kann, so theilt sie sich derselben ... zerstreut sich dadurch in die Erde.

...athematische Bestimmung der con... ...renden Kraft der Collector-Platte. ...pirische Ausmittelung derselben.

... dem im Allgemeinen angegebenen Principe der Wir... des Condensators läfst sich nun auch die condensi... ..., oder das Verhältnifs, in welchem die Spannung ... Collectorplatte mitgetheilten Elektricität aus einem ...lichen Quell in dieser Platte angehäuft und verdich... ...d, durch folgende Betrachtung zur genauen Berechnung ... einem Ausdruck durch eine Formel bringen. Die Elek... A, welche der Collector-Platte mitgetheilt wird, neu... ... oder bindet auf eine geringe Entfernung eine Portion $-B$ ...tgegengesetzter Elektricität in der untere Platte, die mit ...rdboden in Verbindung ist (bei der Vorrichtung, wo die ...or-Platte auf dem Elektrometer aufgeschraubt ist, be... ...ich das $-B$ auf die oben auf ruhende Platte, die mit ...nger berührt wird) und hindert dieselbe zu entweichen. ...rerseits bindet wieder eine Portion A' von der Elektri... ...r Collector-Platte, und hebt ihre repulsive Kraft auf. ...lector-Platte befindet sich also genau in dem Falle, als ...e blofs $A - A'$ freie Elektricität hätte, und folglich mufs

sie fortfahren sich zu laden, bis diese Quantität derjenigen welche sie den Leitern entzogen haben würde, mit denen Verbindung steht, wenn sie allein, ohne den Einfluss der Platte mit ihnen communicirt hätte. Es sey demnach E Ladung unter diesen Umständen, so wird man an der G haben E = A — A'. Das Verhältniss von A zu — B und vo zu A' hängt von der mehr oder weniger grossen Entfe ab, welche zwischen den Platten statt findet. Unter allen ständen muss aber — B schwächer seyn als A, und zwa dass wenn A +, und B — ist, die beiden Quantitäten mi ander in unmittelbare Berührung gebracht einen Uebersc von + geben. Denn die Anziehung der Theilchen von auf die Theilchen von — B muss nothwendig in der Entfe geringer seyn, als sie in der Berührung seyn würde. D aber durch die nicht leitende Firnissschicht hindurch — B kommen neutralisiren, so müssen sie durch ihre grösse die Schwächung ihrer Wirkung, die von der Entfernung ab ausgleichen. Drückt man das Verhältniss dieser beiden G durch m aus, so dass man B = — m A oder B + m hat, so wird m nothwendig ein ächter Bruch und klein die Einheit seyn. Auf gleiche Weise nun wie A das — B die Dicke der isolirenden Schicht hindurch bindet, ist i ne Portion A' welche durch — B neutralisirt wird, und Art zu wirken hier ganz genau dieselbe ist, so wird da hältniss der Sättigung auch ganz dasselbe seyn, so dass auch A' = — m B oder A' + m B = 0 ist. Schafft m aus dieser Gleichung vermittelst seines obigen Werthes m A weg, so folgt daraus A' = m² A, und folglich wird die G chung, welche oben für die Grenze der Ladung des Cond tors gefunden wurde

$$E = (1 - m^2)\,A;\ \text{und so giebt}\ \frac{A}{E} = \frac{1}{1 - m^2}\ \text{das}$$

hältniss der Ladungen, welche die Collector-Platte durch Berührung mit den nämlichen elektrisirten Leitern mit o ohne den Einfluss der untern (mit dem Erdboden in Verb dung stehenden) Platte erhält. Dieses Verhältniss ist also Mass der condensirenden Kraft, die sich folglich durch $\frac{1}{1-}$

bält findet. Ist z. B. m = 0,99 d. h. binden 100 Thei- tricität in der einen Platte 99 in der andern durch die ie Schicht hindurch, so wird man, wenn man für m Werth setzt $\frac{1}{1-m^2} = 50$ haben, so dafs also unter flusse der untern Platte die Collector-Platte mit irgend unerschöpflichen Quell von Elektricität in Verbindung 50mal mehr Elektricität aufnehmen wird, als wenn sie ne diesen Einflufs damit in Verbindung befunden hätte. stimmung der condensirenden Kraft eines solchen Instru- educirt sich demnach alles darauf, den Bruch m auszu- . Zu diesem Behuf ladet man den Condensator mit ir- ner gegebenen Menge Elektricität, wobei aber beide Plat- isolirenden Handgriffen versehen seyn müssen, und nur d der Ladung die eine Platte mit dem Erdboden in Ver- g gesetzt, diese aber dann wieder aufgehoben wird, und dann nach der Reihe jede der beiden Platten mit dem Puncte ihrer Oberfläche mit einem, die Stärke der Elek- t messenden Apparate z. B. der Prüfungsscheibe der elek- n Waage Coulombs [1] in Berührung. Dadurch erfährt welches an diesem Puncte das Verhältnifs der Spannung ktrischen Schichten ist, und da die Platten von gleicher ind, so wird dieses Verhältnifs auch zugleich das Ver- der totalen Quantität ihrer Elektricitäten seyn. Nach ssem Verhältnisse ist nun, wenn die der Collector-Platte st, die der untern Platte $= -$ m A. Dividirt man die durch die erste, so hat man m, worauf man $\frac{1}{1-m^2}$, d. condensirende Kraft berechnen kann.

lan kann aber auch einfacher und ohne elektrische Waage, ein nicht leicht in gehöriger Vollkommenheit zu erhal- Instrument ist, hinreichend genug die condensirende urch *correspondirende Elektrometer* bestimmen, von denen de des einen Vielfache der Grade des andern sind. Man ch eine solche Reihe von Elektrometern, von dem em- hsten Goldblattelektrometer ausgehend, leicht durch

---

[1] 3. *Drehwaage.*

Hülfe einer Volta'schen Säule und irgend eines recht gleic mig wirkenden Condensators verschaffen, indem man d arithmetischer Progression wachsenden Spannungen einer chen Säule vom ersten Plattenpaare ausgehend nach der an diesen Elektrometern, die für die höheren Grade von S halmen, welche an Dicke zunehmen, verfertigt sind, prüft, den jedem höheren Grade entsprechenden Elongationsw mit der Zahl des Plattenpaares bezeichnet, den Elongat winkel, der die Spannung des ersten Plattenpaars mifst Einheit annehmend. Alsdann darf man blofs eine Leidner sche von sehr grofser Capacität anwenden, welche man c mehrmalige Berührung so weit entladen hat, dafs sie nur eine Spannung behält, die ohne Condensator am empfind sten Goldblattelektrometer einen oder zwei Grade be Durch Ladung des Condensators wird diese Spannung w der sehr grofsen Capacität der Flasche nicht abnehmen, indem man nun nach Aufhebung der Collectorplatte die S nung derselben an einem der weniger empfindlichen Ele meter z. B. einem Strohhalmelektrometer, dessen Scala etw auf 300 oder 400 Grade des empfindlichsten Goldblattelel meters reicht, prüft, dessen Grade in Graden des Goldb elektrometers durch die vorhergegangene Regulirung ausdr bar sind, so wird man dadurch das Verhältnifs der Span der aufgehobenen Collectorplatte zur ursprünglichen Span des Elektricitätsquells, und damit die condensirende Kraft l nen. Noch genauer würde diese Bestimmung, wenn man tersuchte, wie viele Plattenpaare über einander geschichtet w den müssen, um, wenn das eine Ende der aufgebauten Vo schen Säule mit dem Erdboden in Verbindung ist, durch das dere Ende unmittelbar an einem Goldblattelektrometer die Spannung (die gleiche Divergenz der Goldblättchen) zu er ten, die ein einzelnes Plattenpaar durch Hülfe des Condensa dessen condensirende Kraft bestimmt werden soll, zeigt. Zahl dieser Plattenpaare giebt dann unmittelbar die Cond tionskraft an. Damit stimmt auch im wesentlichen Bohne gers Anweisung überein [1], nur dafs er sich einer Säule

1 G. III. 363.

und *Silberpapier* bedient, und zwar einer von etwa 1000 npaaren, welche schon eine sehr merkliche Divergenz am lattelektrometer etwa von 10° hervorbringt, und dann ndensator mit einem Stücke dieser Säule in Verbindung und abermals die Spannung untersucht. Gesetzt 20 Platten hätten eine Spannung von 16° durch Hülfe des Conns hervorgebracht, so würde dieses auf eine 80fache sirende Kraft deuten, denn da die Spannung jener 20 paare 50mal geringer als der der 1000 Plattenpaare ist, t sie nur $\frac{1}{5}$ betragen; da nun aber der Condensator 16° so muss sie 80mal verstärkt worden seyn. Ich erinnere n, dass ich durch trockene Säulen nicht leicht eine bele Ladung in meinen Condensatoren hervorbringen konnd dass bei dieser Art der Berechnung die Elektrometer regulirt seyn müssen, so dass ihre Grade ein genaues t Spannung durch ihre Grösse im einfachen Verhältnisse n unmittelbar geben. Bei dieser Bestimmungsart wird setzt, dass die elektrische Spannung einer Volta'schen n einer arithmetischen Progression mit der Zahl der Platn wachse. Meine empfindlichsten Condensatoren zeigbei dieser Art der Prüfung eine 300fache condensirende indem das Goldblattelektrometer erst in Berührung mit Plattenpaare einer gewöhnlichen mit Kochsalz aufink - Kupfersäule die gleiche Spannung zeigte, welche ches Plattenpaar durch Hülfe jener Condensatoren darkennen gab.

5. Doppelter Condensator.

kann die Elektricität des Condensators selbst noch durch lung an die Collector - Platte eines *zweiten kleinern Conrs* merklich gemacht werden. Eine sehr zweckmässige tung hiezu hat Cuthberson angegeben. Statt in hori- Lage befinden sich hier die Platten bei ihrem Gebrauiner verticalen; aa und bb sind Messingscheiben von r 8 Zoll Durchmesser. Die Platte bb ist an die mit eie versehene Kugel von Messing e angeschraubt und wird m Glasstabe c getragen, dessen unteres Ende in dem n Fusse d befestigt ist. Die andere Platte aa wird von ingstange f, die unten mit einem Charnier, und oben

Fig. 88.

mit einer Kugel, an welche die Platte angeschraubt, v
ist, in parallerer Lage mit bb erhalten. Mittelst des Ch
läfst sich diese Platte aa zurücklegen in die Lage, wie di
tirten Linien ga, bezeichnen. Ein hervorragendes St
Charnier hält die Platte auf, wenn sie in die gehörige L
rallel mit bb gekommen ist, und erhält sie in ihr.
Kugel c befindet sich eine Mutterschraube, in welche s
Stücke für drei Hauptversuche, die man mit dem Con
anstellen will, einschrauben lassen, ein kleiner messinge
cher, ein mit Stanniol überzogenes Stäbchen für die L
tricität, und ein Messingdraht, der mit einem Gelenk v
und bestimmt ist, die Condensatorplatte mit der Plat
Volta'schen Säule in leitende Verbindung zu setzen. Z
fseren Bequemlichkeit bedient man sich eines gewöl
Fig. 89. Goldblattelektrometers, woran der kleine Condensato
bracht ist, dessen Scheiben 1",5 im Durchmesser haben
eine an die messingne Deckplatte des Elektrometers ange
ist, die andere an einen Messingstab, welcher unten au
Weise, wie am gröfsern Condensator, mit einem Charni
sehen ist, um die Scheibe niederlegen zu können, und
Fuſse des Elektrometers festsitzt. Beide Instrumente las
einzeln und in Verbindung mit andern gebrauchen. E
der Versuch (wenn nämlich der einzelne Condensator
merklichen Ausschlag giebt) beide Condensatoren, so
Fig. 90. sie mit einander verbunden. Die feste Platte bb des g
Condensators mufs zu dem Ende an der Seite mit eine
singstifte α versehen seyn, der in ein Loch am Rande d
Fig. 91. lector-Platte bb des kleinen Condensators gut pafst. W
z. B. die Elektricität, die durch einen, mit Luftentwi
verbundenen chemischen Procefs erregt wird, untersuc
schraubt man das Schälchen auf die Kugel des grofsen
sators, und setzt in dasselbe eine Glas- oder Porcell
mit den Materien, welche jene Luftentwickelung gebe
z. B. Kreide und verdünnte Schwefelsäure, und verbin
auf beide Condensatoren. Hat das Aufbrausen begon
Fig. 88. schlägt man die bewegliche Platte aa des grofsen Cond
in die punctirte Lage zurück, und wenn viel Elektricitä
ist, so divergiren jetzt schon die Goldblättchen; wo n
schlägt man nun auch die eine Platte des kleinen Cond

rück, wo unfehlbar in obigem Falle Spuren von Elektricität zeigen werden. Man kann übrigens einen solchen doppel-Condensator aus Scheiben, die mit einer dünnen Firnifs-icht überzogen sind, und in horizontaler Lage auf einander ezt werden, anwenden, und er hat vor dem Cuthberson-n den Vorzug, dafs die freigewordene Elektricität der klei-, auf das Elektrometer geschraubten Platte, gleichförmiger die Divergenz der Goldblättchen wirkt, während bei jener echten Lage die Seitenwirkung der untern Hälfte der be, die dem Goldblättchen seitwärts gegenüber steht, we-tens in etwas in einem entgegengesetzten Sinne thätig ist. solcher Condensator mit einer Luftschicht ist aufserdem Werkzeug, das schon einen sehr geübten Künstler zu seiner fertigung erfordert.

Die Zunahme der Condensation durch einen solchen dop-n Condensator ergiebt sich übrigens leicht durch folgende chtung. Das Verhältnifs der Flächen der beiden Conden-en des kleinern und gröfsern sey 1 : m. Es sey α die Span-g der Elektricität, welche erhöht werden soll, und die con-irende Kraft beider Condensatoren eines jeden für sich sey . Trägt man n α auf die Collector-Platte des kleinern Con-ators über, so hat man vor abgehobenem Deckel $\frac{n}{n+1}\,m\,\alpha$

nach abgehobenem Deckel $\frac{n}{n+1}\,m\,n\,\alpha$.

Gebrauch des Condensators und mit demselben im allgemeinen angestellte Versuche.

Der Condensator ist vorzüglich in denjenigen Fällen zur mittelung der Elektricität höchst brauchbar, wo zwar eine sse Quantität von Elektricität vorhanden, aber die Spannung r Intensität derselben zu schwach ist, um auch das em-dlichste Elektrometer afficiren zu können. Dies gilt ganz onders dann, wenn der Elektricitätsquell, aus welchem eine ktricität von so schwacher Spannung ausgeht, ein uner-öpflicher ist, und wenn der Condensator nur vollkommen

eingerichtet ist, so kann man dieselbe wohl 800 mal ve
darstellen.

1. So dient der Condensator sehr vortheilhaft zu
achtung der atmosphärischen Elektricität, wenn man v
dazu aufgestellten Conductor einen Draht bis zur Col
Platte des Condensators führt, und einige Minuten mit d
ben in Verbindung läfst. Volta hat fast täglich und sti
auch an den heitersten Tagen Elektricität in der Atm
gefunden, die für sich allein unfähig war, auch auf d
pfindlichsten Elektrometer zu wirken. Ich bediene mic
zu eines hölzernen Stabes, der aus zwei Stücken mit
Charniere besteht, um ihn zusammenlegen zu können, u
mit seinem untern durchbohrten Ende, von welchem
schiefer Richtung ausgeht, frei um einen Zapfen eine
überfirnifsten Kugel, die sich auf einem gut isolirenden
einer grofsen Glasstange befindet, drehen und in alle Ri
gen bringen läfst. An dem hölzernen Stabe geht von
obern Ende bis nach unten ein Metalldraht, dessen zul
Wirkung dadurch noch vermehrt wird, dafs man an sei
einen brennenden Schwefelfaden bringt. Ohngeachtet di
ge des Stabs nur 8 Fufs ist, so erhalte ich, auch we
ihn zum Fenster des mittlern Stockwerkes meines Haus
ausgehen lasse, die auffallendsten Spuren von Elektrici
Hülfe des Condensators in wenigen Secunden. Die z
eines Nordlichts sehr merkliche Luftelektricität erkannt
TA gleichfalls dadurch.

2. Vorzüglich hat man durch Hülfe des Condensat
wichtige Thatsache ausgemittelt, dafs durch die blofse A
stung des Wassers Elektricität erzeugt wird, wobei die G
aus welchen das Wasser verdunstet, mit freier negative
tricität geladen zurückbleiben, ein Zeichen, dafs der
aufsteigende Dunst positiv elektrisirt ist, woraus sich di
tricität der Wolken [1] erklärt. Besonders auffallende Re
erhält man, wenn das Wasser auf glühende Kohlen ir
isolirten Kohlenbecken gegossen wird, das mit der Col
Platte in Verbindung steht, die oft so stark dadurch ele

---

1 Vergl. *Blitz*.

[...]d, dafs man nach Aufhebung derselben Funken daraus zie[...] kann, wie schon VOLTA im Jahre 1782 in Gemeinschaft [...] mehreren englischen Physikern beobachtet hatte [1]. Hier[...] gehören wohl auch die Versuche über die beim Aufbrausen, [...] bei der Entwickelung von Luftarten, besonders des Was[...]toffgases in Folge der Auflösung von Eisenfeile in verdünn[...] Schwefelsäure [2], des Salpetergases bei Auflösung der Kup[...]ile in Salpetersäure freiwerdende Elektricität, die gleich[...] negativ ist, und wohl mehr der gleichzeitigen Ausdünstung [...] dem chemischen Processe an sich selbst zuzuschreiben ist, [...] spätere Versuche, namentlich von DAVY bewiesen haben, [...] selbst durch den lebhaftesten Verbrennungsprocefs des [...]sphors oder Eisens im Sauerstoffgase durch Verbindung der [...]wefelsäure mit Kali und andere ähnliche Processe keine freie [...]tricität zum Vorschein kommt [3].

[...]8. Auch zur Ausmittelung der eigenthümlichen Elektrici[...] [...]s menschlichen Körpers, ist der Condensator ungemein [...]hbar, wenn man sich auf ein Isolatorium stellt, und eine [...] Zeit mit der auf das Elektrometer aufgeschraubten Collec[...] Platte in Verbindung setzt, während die obere Platte mit [...]rdboden communicirt. SAUSSURE, der diese Elektricität [...]ch an dem durch Bewegung erhitzten menschlichen [...] wahrnahm, schrieb sie dem Reiben des Körpers an der [...]ng zu. Eine grofse Menge von Versuchen hat mir in[...] das Resultat gegeben, dafs diese Elektricität ganz unab[...]ig von der angeführten Ursache ist, indem auch der ent[...]ete Körper nach vorhergegangener Ruhe deutliche Spuren [...] Elektricität durch Hülfe des Condensators offenbart, und [...] positive, zum Beweise, dafs sie nicht von der Ausdün[...]g abhängt, weil sie sonst negativ ausfallen müfste, dafs [...] mancherlei Umstände, welche die Verrichtungen des Kör[...] afficiren, krankhafte Affectionen u. dgl. einen grofsen Ein[...] auf die Elektricität des Körpers äufsern, und dieselbe [...]t blofs ihrem Grade, sondern auch ihrer Qualität nach

1 J. d. P. XXII. 97. 98.
2 Volta a. a. O. p. 96. 97.
3 Gehlens Journ. V. 52.

Ausmittelung des Gesetzes, nach welchem die Elekt
der Volta'schen Säule wächst [2].

Ein je empfindlicheres Werkzeug der Condensato
so mehr Vorsicht ist bei seinem Gebrauche nöthig,
Einmischung einer fremdartigen Elektricität, die von i
abhängen könnte, zu verhüten. Dies gilt namentlich
der Ausmittelung der unter 3 und 4 aufgeführten El
ten, indem nämlich die etwas stärkere Berührung d
tor-Platte, besonders Stofs, Druck und noch meh
vorzüglich mit einem ideoelektrischen Körper in der
selbst Elektricität erregt, die dann beim Aufheben de
Erdboden communicirenden Platte zum Vorschein
Durch das bloſse Schlagen mit dem Flügel seines Hute
te Volta der Collector-Platte seines Condensators ein
ke Elektricität geben, daſs sie beim Aufheben von d
leiter, auf welchem sie ruhte, einen bis zu einem Z
(?) Funken gab.

Diese Eigenschaft des Condensators, die Elek
sich latent zu machen, und nachher mit ihrer im Ve
seiner Condensationskraft mehr oder weniger verstärkt
sität zu offenbaren, verschafft auch das Mittel,
schwach geladenen Flasche noch mehrere Funken zu
und sie bei Entladung der elektrischen Pistole bei d
metrischen Versuchen mit Volta's Eudiometer zum
des Gasgemenges zu benutzen [3].

---

1 Vergl. Meckels deutsches Archiv für Physiologie III.

2 S. *Galvanismus.*

3 Auſser der angegebenen Literatur S. Volta's Cond
Elektricität in Leipziger Samml. zur Physik und Natur-Gesc
2tes St. Nr. 1.

Conductor. S. Elektrisirmaschine.

Consonanz. S. Ton.

Convexgläser.

Erhabne Linsengläser; *Vitra convexa*, *lentes convexae*; Verres convexes; *Convex lenses*, sind die Gläser, welche sphärisch geschliffen, die erhabene Seite nach außen kehren. Sie heifsen *convex-convex*, wenn beide Seiten erhaben geschliffen sind; *plan-convex*, wenn eine Seite eben, die andre erhaben ist, *concav-convex*, wenn eine Seite erhaben, die andere hohl ist, zu der letztern Art gehört auch der *Meniskus*, ein Glas, dessen Durchschnitt die Gestalt der sichelförmigen Mondscheibe hat. Die beiden ersten Arten von Gläsern sammeln die auffallenden parallelen Strahlen in einen Brennpunct, auch bei dem Meniskus findet dies statt und bei alle denjenigen concav-convexen Gläsern, deren convexe Oberfläche einem kleinern Durchmesser als die concave zugehört [1]. *B.*

Crownglas.

Kronglas; Crown-glafs; *Crownglafs*. Eine schöne Art von Tafelglas, die dadurch berühmt geworden ist, dafs man, seit Dollond die Verfertigung achromatischer Objectivgläser aus Crownglas und Flintglas zu Stande brachte, sich immer dieser Glasart zu demselben Zwecke bedient hat.

Das Crownglas zerstreut die verschiedenfarbigen Strahlen nicht so sehr, als das Flintglas und das durch ein Prisma aus dem ersteren hervorgebrachte prismatische Farbenbild ist viel kürzer als dasjenige, was durch ein gleiches Prisma aus Flintglas gebildet wird. Zwei Prisma aus diesen beiden Glasarten können daher von einer solchen Gestalt genommen werden, dafs sie verbunden ein farbenloses Bild geben, ohne dafs die

---

Zusatz zu der Beschreibung eines neuen Elektrometers von A. Bennet aus den Philos. Transact. LXXVII. ebend. IV. 4tes St. S. 427.

Le Condensateur in Biots Traité de Physique experimentale et mathématique. Tome II. p. 363.

1 Vergl. *Linsengläser*.

Brechung ganz aufgehoben wird. Hierauf beruht die Darstellung von Fernröhren, die den Gegenstand ohne Farbe zeigen. Das Brechungsverhältnifs für Crownglas giebt Brewster 0,652 bis 0,648 an; die Zerstreuung nur 0,020 der ganzen Brechung, statt dafs sie beim Flintglas 0,029 bis 0,032 ist.

Culmination.

Culminatio, *mediatio*, *transitus per meridianum*; passage par le méridien; *the transit*. Die Gestirne culminiren, wenn sie ihre gröfste Höhe (*culmen s. fastigium circus diurni*) erreichen, und da dies bei den Fixsternen in völliger Strenge, bei beweglichen Gestirnen wenigstens sehr nahe dann geschieht, wenn sie im Mittagskreise sind, so sieht man Culmination und Durchgang durch den Meridian als gleichbedeutend an.

Wenn die gerade Aufsteigung und die Abweichung eines Sternes gegeben ist, so kann man sowohl die *Zeit seiner Culmination*, als auch die *Höhe im Meridian* bestimmen. Verwandelt man nämlich seine Rectascension, vom wahren Aequinoctio an gerechnet, in Zeit, so hat man in Sternzeit die Zeit des Durchganges. Verlangt man diese Zeit der Culmination so angegeben, dafs sie vom wahren Mittage an gerechnet werde, so mufs man den Unterschied der Rectascension der Sonne und des Sternes suchen, und diesen, indem man 15 Grade auf die Stunde rechnet, in Sternzeit verwandeln, oder wenn man mittlere Sonnenzeit haben will, die gefundene Sternzeit noch mit der Zahl multipliciren, welche Sternzeit auf mittlere Sonnenzeit zurückführt (oder 1 St. Sternzeit = 0° 59′ 50″, 2 mittl. Zeit setzen); will man wahre Zeit haben, so mufs man die gefundene Sternzeit um eine Gröfse, die der Länge des wahren Tages, auf den die Bestimmung fällt, und der seit Mittag verflossenen Sternzeit proportional ist, corrigiren [3].

---

1 S. *Prisma, achromatisches; Fernrohr, achromatisches.*

2 Brewster on new philosophical Instruments. p. 286. u. 319.

3 z. B. ein Stern culminirt 11 Stunden Sternzeit nach Mittage, dieser wahre Sonnentag aber, an dem die Beobachtung geschah, ist

Um die *Zeit der Culmination* zu beobachten, dienen über alle die Mittel, wodurch man die Zeit des Durchgangs durch den Meridian bestimmt. Das gut aufgestellte Mittagsrohr oder der zugleich zu Höhenmessungen dienende Mittagskreis ist am besten dazu. Er muſs so befestigt seyn, daſs das Gestirn genau im Meridian ist, wenn es durch den Mittelfaden des Fernrohrs geht. Bei der Sonne oder allen Himmelskörpern, die einen scheinbaren Durchmesser haben, beobachtet man den Antritt beider Ränder an dem Faden, und das Mittel dazwischen ist die Culminationszeit des Mittelpunctes.

Ein sehr einfaches, aber nicht sehr genaues Mittel, um die Culmination zu beobachten, giebt das *Fadendreieck*. Man läſst von einem Puncte einer richtig gezogenen Mittagslinie einen verticalen Faden, und indem man diesen etwa über eine Rolle laufen läſst, von dessen Endpuncte einen andern Faden zu einem zweiten Puncte der Mittagslinie. Bringt man nun das Auge in die Ebene dieses Dreiecks oder stellt es so, daſs ein Faden den andern verdeckt, so sind die Sterne, die nun von beiden Fäden zugleich bedeckt werden, im Meridian. Will man die Sonne beobachten, so reicht es hin, zu beobachten, wann der Schatten des Fadens auf die Mittagslinie fällt. Auf diese Weise zeigt auch der Zeiger der Sonnen-Uhr die Culmination der Sonne an. Eine genauere Bestimmung giebt der Gnomon, wo nämlich eine sehr kleine, in der Höhe liegende Öffnung, die sich in der durch eine gezogne Mittagslinie gelegten Vertical-Ebene befindet, das Licht der Sonne in ein finsteres Zimmer fallen läſst; das kleine Sonnenbild, welches sich vermöge des durch diese kleine Oeffnung eindringenden Lichtes auf der Ebene, wo die Mittagslinie gezogen ist, zeigt, rückt mit dem Fortgange der Sonne allmälig fort, und der Antritt seiner beiden Ränder an die Mittagslinie giebt eben so die Culminationszeit, wie der Antritt der Sonnenränder an den Faden des Mittagsfernrohrs.

Bei Gestirnen, die ihre Declination sehr schnell ändern, könnte es sich ereignen, daſs sie nicht genau im Meridian ihre gröſste Höhe erreichten, aber der Fall, daſs man aus diesem

---

...rnstunden 4 Min. so muſs man 11 Sternstunden = 10 St. 58′ 10″ wahre Sonnenzeit rechnen.

Grunde die Culmination als erheblich verschieden vom D
gange durch den Meridian unterscheiden müfste, kommt
jemals vor. Die Berechnung der Zeit des Durchgangs
den Meridian ist für den Mond oder ein anderes, mit e
Bewegung fortrückendes Gestirn, darum etwas schwi
als oben angegeben ist, weil die Rectascension des Ges
zur Zeit der Culmination erst dann genau bekannt ist,
man diese Zeit schon genau kennt. Es läfst sich leicht
sehen, wie man diese Zeit anfangs annähernd, und dann ge
findet. *B.*

Cyklus.

Cirkel, Zeitkreis; *Cyclus;* Cycle; *Cycle;*
der Chronologie eine Reihe von Jahren, nach deren Beend
dieselben Erscheinungen in derselben Ordnung wieder eint
Eine *Periode* ist zwar gleichfalls eine Reihe von Jahren,
deren Beendigung gleiche Erscheinungen wieder eintreten;
nach dem in der Chronologie eingeführten Sprachgebrauch
man *Periode einen gröfsern Zeitraum, der mehrere Cyclen*
fafst.

In unserm Kalender werden der *Mondscirkel,*
Sonnencirkel, und der *Indictionencirkel* angeführt

Der Mondscirkel.

Der Mondscirkel, *Cyclus lunae,* ist eine Reihe von 19
ren, und jedes einzelne Jahr heifst daher das erste, das z
u. s. w. des Mondscirkels; nach dem 19ten Jahre des Mond
kels folgt wieder das erste eines neuen Cyclus. Die Zahl,
che angiebt, das wievielte des Mondscirkels ein gegebenes
ist, heifst *die güldene Zahl.*

Wenn die güldene Zahl 1 ist, so fällt der Neumon
den ersten Januar, wie es z. B. im Jahre 1824 der Fall
wie der erste Neumond eines andern Jahres fällt, bes
man, mit Hülfe der *Epakte,* daraus, dafs 12 Mondsw
354 Tage betragen, also in jedem folgenden Jahre der üb
stimmende Mondswechsel 11 Tage früher eintritt. Um z
stimmen, welches Jahr des Mondscirkels ein gegebenes ist,
man wissen, dafs das Jahr 1 unserer Zeitrechnung das
des Mondscirkels war, also jedes gegebene n^te^ Jahr nach

ti Geburt diejenige güldne Zahl hat, die man bei der Division $\frac{n+1}{19}$ als Rest behält. Wendet man dies auf 1825 an, so ist 1826 = 96. 19 + 2, oder wenn man den Mondscyklus mitzählt, der ein Jahr vor unsrer Zeitrechnung anfängt, so sind seit Christi Geburt (so wie unsre Chronologen diesen Zeitpunct festsetzen), 96 ganze Mondscirkel vorüber gegangen, und wir finden uns jetzt im 2ten Jahre des Mondscirkels.

Die Angabe, dafs die Mondsphasen nach 19 Jahren wiederkehren, würde genau richtig seyn, wenn 19 Jahre oder 6940 Tage genau mit 235 Mondswechseln übereinstimmten, was nicht ganz genau der Fall ist. Da aber nach unsrer Einschaltungsmethode unter vier Mondscirkeln immer einer ist, der nur 4 Schaltjahre enthält, so sollten wir die 19 Jahre zu 6939 Tagen 18 Stunden anrechnen, und da 235 Mondswechsel oder synodische Monate 6939 Tage 16 St. 32 M. umfassen, so weicht der Cyklus um 1 Stunde 28 Min. ab; — eine Abweichung, die nach der Einschaltungsmethode des verbesserten Kalenders noch anders bestimmt wird, aber hier nicht wesentlich in Betrachtung kommt.

Die Entdeckung, dafs nach 19 Sonnenjahren die Mondserscheinungen wieder mit den gleichen Stellungen der Sonne zusammentreffen, machte Meton, ein Athenienser, 432 Jahr vor Christo. Da die Griechen nach Mondenjahren rechneten, und bis dahin keine sichere Regel hatten, welchen Jahren sie 13 Monate und welchen sie 12 geben müfsten, so war es sehr erwünscht, hier eine solche feste Regel zu erhalten. Es ist interessant, die von Ideler [1] nach den uns zugekommenen Nachrichten sorgfältig erläuterten Fortschritte des, ganz an die Monds-Erscheinungen geknüpften, griechischen Kalenders zu lesen; — wie sie zuerst, um den Anfang eines neuen Monats zu bestimmen, der unmittelbaren Beobachtung, dafs der Neumond nun wieder sichtbar sey, bedurften; wie sie sodann bemerkten, dafs man mit Monaten, abwechselnd von 29 und von 30 Tagen, recht gut den Erscheinungen des Mondes getreu bleibe, ohne ihn gerade gesehen zu haben; wie sie sich durch

1 Handbuch der Chronologie von Ideler. 1825. 1 Th. S. 262.

Einschaltung eines ganzen Monats bemühten, ihr Mondenjahr mit dem Sonnenjahre in Uebereinstimmung zu setzen, und anfangs einen zweijährigen Cyklus anordneten, also ein Jahr ums andre einen Monat einschalteten, später den achtjährigen Cyklus einführten, (die Oktaëteris) nach welchem in 8 Jahren dreimal ein Monat eingeschaltet wurde, und endlich den *metonschen Cyklus* annahmen. Dieser Cyklus des Meton, der uns noch als Mondscirkel merkwürdig ist, erforderte dort, wo man Mondenmonate beibehielt, einen 19 jährigen Kalender, in welchem die Monate von 29 und von 30 Tagen durch den ganzen Cyklus aufgeführt werden mufsten, und wo die Schaltjahre von 13 Monaten gehörig bemerkt wurden. Ideler theilt diesen Kalender, so wie er nach den sorgfältigsten Vergleichungen gewesen seyn mufs, mit [1], und zeigt, wie darnach die in den griechischen Schriftstellern nach Monaten und Tagen angegebenen Zeitbestimmungen sich mit einer sehr grofsen Sicherheit auf unsern Kalender zurückführen lassen.

So wichtig aber auch diese Metonsche Verbesserung war, so bemerkte doch schon Kallippus (330 J. v. Chr.) dafs die 6940 Tage dieses Cyklus eigentlich nur $6939\frac{3}{4}$ seyn sollten, und er gab daher eine sechs und siebzigjährige Periode, die *Kallipische Periode* an, nach welcher in 76 Jahren ein Tag weniger als in 4 Cyklen des Meton vorkamen.

Der Sonnencirkel, *cyclus solis.*

Da unsere Woche 7 Tage hat, also ein Jahr = 52 Wochen 1 Tag ist, so würde derselbe Monatstag allemal im nächsten Jahre um einen Wochentag fortrücken, wenn es keine Schaltjahre gäbe. Durch dieses Eintreffen einiger Jahre von 366 Tagen kommt die Ordnung der Wochentage erst nach 28 Jahren bleibend und fortwährend auf dieselben Monatstage zurück; denn obgleich allerdings im Jahre 1820 eben so gut als 1825 der 1. Januar ein Sonnabend war, so hört doch sogleich diese Uebereinstimmung im nächsten Jahre auf, da 1821 der 1. Januar ein Montag war, 1826 der 1. Januar ein Sonntag ist, weil 1820 ein Schaltjahr war, 1825 aber keines. Nach 28 Jahren ist also ein Cyklus der Wochentage in Vergleichung gegen die

1 Ebendas. S. 388.

[..]hrestage vollendet, und dieser Zeitraum macht einen ganzen [..]encirkel aus; unsere Kalender geben an, das wievielte [..] eines Sonnencirkels ein gegebenes Jahr ist.

[..] Das erste Jahr unserer Zeitrechnung war das 10te des Son[..]cirkels, und daher mufs man zu einer gegebenen Jahrszahl [..]ddiren, um durch die Division den Rest zu finden, der an[..]t, das wievielte im Sonnencirkel dieses Jahr sey. Z. B. da $\frac{[..]5+9}{28}$ uns 65 ganze Sonnencirkel und 14 als Rest giebt, ist dieses Jahr das 14te des Sonnencirkels. Die Uebereinstimmung, dafs nach 28 Jahren die Wochentage auf denselben [..]tstag fallen, findet aber nur im *Julianischen Kalender* während statt, und da ist allemal in dem Jahre, welches [..] Sonnencirkel schliefst, der Neujahrstag ein Sonntag. Im [..]gorianischen Kalender* tritt in denjenigen Secularjah[..] welche keinen Schalttag haben, eine Veränderung ein, und [..] ist z. B. 1825 der Sonnencirkel 14 und der 2te Januar Sonntag, statt dafs 1797, wo auch der Sonnencirkel 14 [..], der 1. Januar auf einen Sonntag fiel; — der im Jahre [..] ausgefallene Schalttag bringt diesen Unterschied hervor.

Der Indictionencirkel.

Der Cyklus der *Indictionen*, oder wie unser Kalender [..]e nennt, der *Römer-Zins-Zahlen*, *circulus indictio*[..] besteht aus 15 Jahren. Der Name bezieht sich auf die kai[..]liche Bestimmung (*Ansagung*, *indictio*,) wie grofs dieje[..] Steuer, die nun selbst den Namen Indiction erhielt, im lau[..]den Jahre seyn solle; woher aber der Cyklus von 15 Jahren [..] an diese Bestimmungen geknüpft habe, ist nicht bekannt, [..] man kann nur als die wahrscheinlichste Vermuthung an[..]men [1], dafs die Abschätzung des Grundeigenthums, welche Vertheilung jener Grundsteuer zur Richtschnur diente, alle [..]ahre erneuert seyn mag. Seit CONSTANTIN's Zeit kommt die[..] Cyklus als Zeitbestimmung vor, so dafs z. B. ein gewisses [..] das 7te der 10ten Indiction heifst u. s. w., und später füg[..]an diese Angabe in den Urkunden den Jahrbestimmungen

---

1 Manso Leben Constant. d. Grofsen. S. 188.

bei. Wenn man diesen Indictionencirkel zurückführt, o so ansieht, als ob er schon so früh gebraucht wäre, so i erste Jahr unserer Zeitrechnung das 4te des Indictionenc und man mufs daher zur Jahrszahl allemal 3 addiren durch Division mit 15 den Rest zu finden, der die diesem gehörige Zahl im Indictionencirkel angiebt.

$\frac{1825+3}{15}$ läfst 13 zum Rest, welches die Römer-Zahl des Jahres 1825 ist [1].

Die Julianische Periode.

An diese drei Cirkel schliefst sich die *Julianische riode* so genau an, dafs sie am besten sogleich hier er wird. Da 19, 28, 15 Primzahlen unter sich sind oder k gemeinschaftlichen Divisor haben, so kommt erst in einer von $19\times28\times15 = 7980$ Jahren der Fall wieder vor, da Jahr dieselbe Zahl in allen drei Cyklen wieder erhält. Die Zahlen, welche angeben, das wievielte in jedem Cyklus ei gebenes Jahr sey, heifsen daher die chronologischen Ken chen des Jahres, und unsre ganze Geschichte umfafst noch nen so grofsen Zeitraum, dafs darin zwei Jahre vorkämen ren drei chronologische Merkmale gleich wären [2].

Die Julianische Periode (*periodus juliana*) um den Zeitraum von 7980 Jahren, nach dessen Ablauf diese Gl heit fortwährend eintritt. Das erste Jahr der Julianischen riode würde das seyn, welches im Mondcirkel, im Sonne kel, im Indictionscirkel die Zahl 1 hätte, und man finde her für jedes Jahr aus den drei chronologischen Merkmalen wievielte der Julianischen Periode es ist, wenn man die de bestimmten Analytik angehörige Aufgabe auflöfst: Eine Za finden, die mit 19, mit 28, mit 15 dividirt, gegebne Reste Ich will diese Aufgabe für das Jahr 1825 auflösen, welch

---

1 Vergl. auch l'art de verifier les dates. (nouv. ed. Paris. I. p. 36.

2 Man findet diese Zahlen auf Jahrhunderte voraus berechr Meier Kornick System d. Zeitrechnung in chronol. Tabellen. 1825. fol.

irkel 2, im Sonnencirkel 14, im Indictionencirkel 13 ist. dieses Jahr das t^{te} in der Julianischen Periode ist, so muſs h

$$t = l \, . \, 19 + 2;$$
$$t = m \, . \, 28 + 14;$$
$$t = n \, . \, 15 + 13 \text{ seyn},$$

ſst, t ist eine Zahl, die l ganze Mondcyklen und noch 2 nthält, und so ferner, l, m, n, sind offenbar ganze

ist also zuerst

$$19\,l + 2 = 28\,m + 14$$
$$19\,l = 28\,m + 12$$
$$l = m + \frac{9\,m + 12}{19},$$

n + 12 muſs sich durch 19 ohne Rest dividiren lassen. 9m + 12 = 19 p, also

$$9\,m = 19\,p + 12$$
$$m = 2\,p - 1 + \frac{p - 3}{9}$$

ſs sich p — 3 durch 9 dividiren lassen, und wenn p — 3 gesetzt wird, so ist p = 9 q + 3.

Hier wird nun, sobald man für q eine ganze Zahl setzt,

$$p = 9\,q + 3,$$

m = 2 p — 1 + q = 19 q + 5, und l = m + p = + 8, endl. t = 19. 28. q + 154, ganze Zahlen geben. also bloſs von dem Zustimmen der beiden ersten Cyklen le, so würden die Zahlen

$q = 1$, $p = 12$, $m = 24$,
$l = 36$, $t = 686$,

er $q = 2$, $p = 21$, $m = 43$,
$l = 64$, $t = 1218$,

er $q = 3$, $p = 30$, $m = 62$,
$l = 92$, $t = 1750$,

derungen gemäſs seyn; denn die für t angegebnen Zahen bei der Division mit 19 und 28 die verlangten Reste.

Aber es soll zugleich auch $15\,n + 13 = 28\,m + 14$
oder $15\,n = 28\,m + 1$

$$n = m + \frac{13\,m + 1}{15},$$

also $13\,m + 1$ mufs durch 15 theilbar seyn. Es sey

$$13\,m + 1 = 15\,r$$

$$m = r + \frac{2\,r - 1}{13},$$

ferner $\quad 2\,r - 1 = 13\,s,$

$$r = 6\,s + \frac{s + 1}{2},$$

$$1 + s = 2\,u.$$

Hier kann man für u jede ganze Zahl annehmen u
werden

$$\begin{aligned} s &= 2\,u - 1, \\ r &= 6\,s + u = 13\,u - 6, \\ m &= r + s = 15\,u - 7, \\ n &= m + r = 28\,u - 13, \\ t &= 15 \cdot 28 \cdot u - 182 \end{aligned}$$

ganze Zahlen. Die hier bestimmten Zahlen würden mit 2
15 dividirt die gehörigen Reste geben. Damit aber all
Reste richtig werden, mufs zugleich $m = 15u - 7 = 19$
seyn, folglich $15\,u = 19\,q + 12$,

$$u = q + \frac{4q + 12}{15},$$

Es sey $4q + 12 = 15\,v$,

$$q = 3\,v - 3 + \frac{3\,v}{4},$$

endlich $v = 4\,w$, und man kann nun für w jede ganz
setzen, und erhält

$$\begin{aligned} v &= 4\,w, \\ q &= 3\,v - 3 + 3\,w = 15\,w - 3 \\ u &= q + v = 19\,w - 3, \\ m &= 15 \cdot 19 \cdot w - 52, \\ t &= 15 \cdot 28 \cdot 19 \cdot w - 1442. \end{aligned}$$

Hier könnte nun freilich für w jede ganze Zahl stehen, d
noch keine ganze Periode verflossen ist, so können wir
$w = 1$ gebrauchen und es ist

$t = 7980 - 1442$,

das Jahr 1825 das 6538te der Julianischen Periode.

Der Anfang dieser Periode fällt daher so, daſs das erste unsrer Zeitrechnung, oder das erste Jahr nach Christi Ge- das 4714te der Julianischen Periode ist. Das erste Jahr Christi Geburt ist, da die Chronologen die Geburt Christi nit dem Ende des Jahrs (25. Decemb.) zusammentreffend an- n, das 4713te der Julian. Periode, und darnach ist es nun ht, jede nach einer genauer bestimmten Aera angegebne reszahl auf die Jul. Periode zurückzuführen [1].

Joseph Scaliger ist derjenige, der diese für die historische onologie so nützliche Periode angegeben hat, und alle Chro- ogen haben sie angenommen. „Man kann", sagt Ideler, it Recht behaupten, daſs erst seit ihrer Einführung Licht d Ordnung in die Chronologie gekommen ist."

Von andern Perioden s. Art. *Periode*.

Cyklische Rechnung ist die Bestimmung der Monds- scheinungen, besonders des Neu- und Vollmondes nach dem ndscyklus, der, da er nur ganze Tage angiebt und überdies cht völlig genau ist, zuweilen von der astronomischen Rech- ng abweicht. Welche Verfügungen in dieser Hinsicht in Be- ung auf das Osterfest statt finden, s. Art. *Kalender* [2]. *B.*

Cylinderspiegel.

Speculum cylindricum; miroir cylindrique; *cylin- drical mirror.* Allgemein muſs man darunter alle die ge- krümmten Spiegelflächen verstehen, welche die Eigenschaft der ylinderflächen haben, daſs alle mit einer gewissen Linie, wel- he die Axe des Cylinders heiſst, parallel gelegte Ebenen die läche so schneiden, daſs die Durchschnittslinien gerade, je- er Axe parallele Linien sind; hier werde ich indeſs nur bei en Spiegelflächen, deren auf die Axe senkrechte Querschnitte reise sind, verweilen.

Um zu bestimmen, wie sich in einem solchen Spiegel, enn die Spiegelung in der convexen Oberfläche vorgeht, die

1 Idelers Chronologie I. S. 76.
2 M. Kornicks System d. Zeitrechn. §. 39.

Gegenstände darstellen, und ferner, wie das verzerrte Bi nes Gegenstandes gezeichnet seyn mufs, damit man im S den Gegenstand in seiner richtigen Gestalt sehe, wollen w erst folgende Vorbemerkungen machen.

Fig. 92. Wenn das Auge O und der Gegenstand A in einer die Axe des geraden Cylinders gelegte Ebene liegen, so ges die Zurückwerfung in eben dieser durch des Cylinders A legten Ebene und wie bei ebenen Spiegeln ist O D B = A Liegt dagegen das Auge und der Gegenstand in einer auf di des Cylinders senkrechten Ebene, so läfst sich über die des Punctes, wo am Spiegel der Strahl zurückgeworfen eben so urtheilen, als wenn die Spiegel-Oberfläche eine Kreislinie wäre. Es sey A das Auge, so erhellt, dafs vo

Fig. 93. genständen, die zwischen B D, E F hinter dem Spiegel li gar keine Strahlen vermöge der Spiegelung ins Auge ko können, oder dafs die Tangenten A B D, A E F die durch gelung sichtbar werdenden Gegenstände begrenzen. Wär Gegenstand G gegeben, so könnte man fragen, in wel Puncte Z des Kreises der von G ausgehende Lichtstrahl Kreis treffen müsse, um durch Zurückwerfung zum Au gelangen, und offenbar müfste dieser Punct so liegen, die Winkel an der Tangente S T gleich würden, also A Z S = G Z T wäre; die Bestimmung dieses Punct schwieriger, als die Beantwortung der umgekehrten Fr wie grofs der Halbmesser des Cylinders seyn mufs, damit A einen gegebenen Werth = φ erhalte; wenn G und A best sind. Da nämlich, wie sehr leicht erhellt, wenn der Ra C Z nach Y verlängert worden,

$$\text{Tang. } A Z Y = \text{Tang. } G Z Y \quad \text{oder}$$

(wenn $A C = a$, $G C = b$, $A C G = \alpha$, $A C Z =$ $C Z = r$ ist),

$$\frac{a \text{ Sin. } \varphi}{a \text{ Cos. } \varphi - r} = \frac{b \text{ Sin. } (\alpha - \varphi)}{b \text{ Cos. } (\alpha - \varphi) - r} \text{ ist,}$$

so erhält man $r = \dfrac{- a\, b. \text{ Sin. } (2\varphi - \alpha)}{b \text{ Sin. } (\alpha - \varphi) - a \text{ Sin. } \varphi}$ als eine G chung für die Halbmesser aller Kreisspiegel, in denen Punct G von dem Auge A so gesehen werden könnte, da einen bestimmten Werth erhielte.

Die Frage, wo mufs G liegen, um dem Auge A in dem
uncte Z abgespiegelt zu erscheinen, ist viel leichter, und
icht zu Auflösung der Aufgabe, wie die Anamorphosen, die
rzerrten Bilder, gezeichnet werden müssen, hin. Es erhellt
ämlich sogleich, dafs wenn der Kreis, und in ihm der Punct
gegeben, A aber das Auge ist, man nur nöthig hat, T Z G
leich dem gegebenen A Z S zu zeichnen, und dafs jeder auf
G liegender Punct in Z abgespiegelt wird, also dem Auge in
er Richtungslinie A Z X erscheint.

Mit dieser leichten Betrachtung läfst sich der allgemeine
all, wo das Auge nicht mit dem Gegenstande in derselben ge-
n die Axe senkrechten Ebene liegt, auf folgende Weise in Ver-
indung setzen. Es sey A S Z T G die durch den Gegenstand Fig. 94.
f die Axe des Cylinders senkrecht gelegte Ebene, O das Auge,
A senkrecht auf jene Ebene, also A die Projection des Auges,
der Gegenstand. Ferner sey Z der Punct in der Oberfläche
s Cylinders, wo ein von G kommender Strahl G Z nach Z A
rückgeworfen würde, S T sey die in der Ebene A Z G an den
linder gezogne Tangente, also A Z S = G Z T. Man ziehe
n Z z als eine in der Cylinderfläche liegende Parallele zur
xe und durch diese lege man die beiden Ebenen O A Z z und
Z z, ferner sey S T P Q die durch Z z gelegte Berührungs-
bene, so sind alle diese drei Ebenen auf A S Z T G senkrecht,
und die beiden Ebenen A O z Z und G Z z machen gleiche Win-
el mit der Berührungs-Ebene, indem A Z S = G Z T die Nei-
ungswinkel sind. Wenn man nun endlich durch O G eine
bene auf die Berührungs-Ebene senkrecht setzt, die in U an
n Cylinder trifft, so ist U der Punct, wo der von G kom-
ende Strahl nach dem Auge hin zurückgeworfen wird. Dies
re bewiesen, wenn man zeigte, dafs die Strahlen O U, G U
t der durch U in eben der Ebene gezognen Tangente s t gleiche
nkel machen. Dafs s t, diejenige Linie, in welcher die
ne O U G die durch U gehende Berührungs-Ebene P Q T S
neidet, eine Tangente des Cylinders sey, erhellt von selbst.
rachtet man nun die zwei körperlichen Dreiecke, deren ge-
nschaftliche Spitze U ist, und deren Seiten-Linien U O,
, U z im einen, und U G, U t, U z, im andern sind, so
l die Seiten s U z = t U Z als Scheitelwinkel gleich; ferner
zwischen s U z, O U z eingeschlossene Neigungswinkel dem

zwischen t U Z, G U Z gleich; endlich der zwischen O
s U z so wie der zwischen G U t, t U Z eingeschlossene
gungswinkel ein rechter; also nun auch die übrigen Stücke
beiden körperlichen Dreiecke gleich und namentlich
O U s = G U t.

Nun ist es leicht, den Punct in der Ebene A S Z T G a
geben, wo der Gegenstand G dem Auge O erscheint. I
nämlich klar, dafs O U bis an diese Ebene verlängert in
in sie eintrifft, wo g U = G U, g v = G v ist, wenn G
Z t v senkrecht ist. Ein andrer Punct H in derselben ge
Linie G Z würde in h, da erscheinen, wo die auf Z T ge
Senkrechte h w = w H ist, und so in allen Fällen.

Hieraus fliefst eine leichte Regel, um die Anamorp
oder verzerrten Bilder zu zeichnen, die im Spiegel so ers
nen, wie eine auf der Grundfläche des Cylinders gezeic
Figur dem Auge erscheinen würde.

Fig. 93. Man zeichne nämlich auf die Ebene der Grundfläch
Cylinders, wo der Kreis E Z B diese Grundfläche vorstell
A die Projection des Auges, in X x' den Gegenstand, den
im Spiegel dargestellt zu sehen glauben soll; von jedem P
X, x'', x' dieser gezeichneten Figur ziehe man nach A di
raden Linien X A, x'' A, x' A, und wo diese in Z, z'', z
Kreis schneiden, zeichne man die Tangente S Z T, z'' t'',
fälle auf sie die Perpendikel X U, x'' u'', x' u', die man so
verlängert, bis G U = X U, g'' u'' = x'' u'', g' u' = x' u
dann sind G, g'', g' die Puncte im verzerrten Bilde, w
die X, x'', x' vorstellen.

Diese Zeichnungsmethode setzt voraus, dafs man sic
im Spiegel gesehene Bild auf der Ebene der Grundfläch
zeichnet vorstelle; aber da man den aufrecht stehenden (
der vor sich hat, so wird man sich wohl eher einbilden
was man im Spiegel sieht, sey ein auf einer aufrecht steh
Tafel gezeichnetes Bild. Um unter dieser Voraussetzu
verzerrte Bild richtig zu zeichnen, stelle man sich die
vor, die sich über der Sehne E B senkrecht stehend e
Fig. 95. wird diese durch E B e b angegeben, so zeichne man auf
Ebene die Figur, die sich dem Auge im Spiegel darbiete
z. B. u U. Man ziehe nun vom Auge O auf die Grund
des Cylinders die Senkrechte O A, und von allen Puncte

Figur senkrechte Linien u v, U V gegen eben die Ebene;
l ziehe man durch V die Linie A V und von O durch U
ie O U, eben so A v und O u, wo jene sich in Z, diese
z durchschneiden, dahin referirt das Auge O die Puncte
wenn es sich dieselben in die Ebene der Grundfläche über-
denkt. Hat man so die Figur U u nach Z z übertragen,
de nun die Zeichnung der Anamorphose aus Z z so her-
, wie es oben angegeben ist.

versteht sich übrigens hieraus von selbst, dafs man,
nan solche Anamorphosen mit dem zugehörigen Cylin-
gel vor sich hat, nach der Stellung, die das Auge haben
agen mufs, indem man bei unrichtiger Stellung des
keinesweges das Bild so sieht, wie es der Fall seyn

B.

D.

Dämmerung.

sculum, Crépuscule, *the Twilight*, heifst die vor
-Aufgang und nach Sonnen-Untergang statt findende
it.

Die *Morgendämmerung* (*crepusculum matutinum*,
ule du matin, *Dawning of the day*) ist die Helligkeit
nen-Aufgang; ihr erster Anfang heifst der Tages-An-
(*Diluculum*, pointe du jour, *Dawning*); *Abend-
erung* (*Crepusculum vespertinum*, crépuscule du soir,
) dagegen ist die nach Sonnen-Untergang noch fort-
le Helligkeit.

Dafs die Luft etwas von dem auf sie fallenden Lichte zu-
ft, sehen wir schon bei Tage, indem fast allein dadurch die
ne Helligkeit entsteht, die selbst die von der Sonne nicht
enen Gegenstände lebhaft erleuchtet. Diese Helligkeit
ffenbar nur im geringern Grade von dem Lichte her,
die Gegenstände auf der Erde zurückwerfen, denn selbst

in Zimmern, die wenig oder gar kein Licht von irdischen genständen reflectirt erhalten können, ist es sehr hell; es springt auch nicht allein aus dem Lichte, welches die Wo zurückwerfen, denn wenn gleich diese die allgemeine Tages zuweilen sehr vermehren [1], so bleibt es dennoch immer hel nug, wenn auch nur die wolkenlose Luft, der blaue Him unsere Zimmer erhellt. Diese Helligkeit dauert nun auch Sonnen-Aufgang und nach Sonnen-Untergang fort, weil höheren Luftschichten noch lange von der Sonne beschi werden, wenn uns die Sonne schon untergegangen ist. W die Sonne tiefer unter den Horizont hinab sinkt, so wird Luft immer minder erleuchtet und man nimmt an, dafs be Grad Tiefe der Sonne unter dem Horizont alle Sterne, die Auge zu erkennen vermag, sichtbar sind, oder die Dunke dann vollkommen eingetreten ist.

Von der nahen Richtigkeit dieser Annahme habe ich m durch eigne Beobachtung überzeugt, indem ich in der N vom 14. zum 15. Jul. und vom 16. zum 17. Jul. 1825. um Mit nacht bei völlig heiterm Himmel auf den sehr geringen Ue rest von Dämmerung achtete. Gerade um Mitternacht war nördliche Horizont nur unbedeutend heller als der übrige, nur eine Vergleichung dessen, was sich am nördlichen und lichen Horizonte dem Auge darbot, liefs noch einen klei Unterschied wahrnehmen. Aber gleich nach Mitternacht w die Dämmerung deutlich sichtbar. Da in diesen Nächten gröfste Tiefe der Sonne in Breslau $17\frac{1}{4}°$ und $17\frac{1}{2}°$ bet so erhellet, dafs 18° Tiefe der Sonne, als Grenze der Dä merung gelten kann. Uebrigens erhellet wohl, dafs nicht j Beobachtung etwas genau Gleiches geben wird, da z. B. w jenseit der Gegenden, deren Wolken noch über unserm H zont erscheinen könnten, ein bedeckter Himmel ist, von wir nichts gewahr werden, dieses gewifs die Dauer der D merung verkürzen wird.

Bei dieser Tiefe der Sonne tritt das völlige Ende *astronomischen Dämmerung* ein; man sieht die Stern vollkommen als möglich, und die Dunkelheit nimmt nun n

---

1 Nach Leslie vorzügl. dann, wenn der Himmel bei sch Sonnenschein an vielen Stellen mit weifsen Federwolken belegt ist

hr zu. Wenn wir dagegen im gewöhnlichen Leben von der
merung sprechen, so setzen wir ihr Ende schon viel früher,
t je nachdem wir es auf eine oder die andre Beschäftigung
hen, früher oder später an. Man pflegt als Grenze dieser,
ter dem Namen der *bürgerlichen Dämmerung* bekannten
geshelle die Zeit anzugeben, wo man ohne Kerzenlicht nicht
hr die gewöhnlichen Geschäfte im Zimmer vornehmen kann.
ese Bestimmung ist nicht sehr genau, da die Lage des Zim-
ers hiebei eine bedeutende Verschiedenheit bewirkt. Um et-
as Bestimmteres, wenn gleich auch durch Oertlichkeit und
dividuelle Gesichtsschärfe Beschränktes anzugeben, habe ich
e bei ganz heiterm Himmel, ohne eine einzige Wolke, anbre-
ende Morgendämmerung des 15. Jul. 1825 benutzt, wo ich
ich auf der Sternwarte, die gegen Nordost einen völlig freien
orizont hat, befand. Ich nahm, um zu versuchen, wann man
n könne, das astron. Jahrbuch von Bode, und fand, wenn
es gegen das Licht kehrte, 1. dafs ich das Wort: Jahrbuch
f dem Titelblatt lesen konnte, 1 St. 31′ ehe der oberste Son-
rand aufging, oder als der Mittelpunct der Sonne noch $10\frac{1}{2}$
ad unter dem Horizont war; 2. dafs ich die gröfser gedruck-
Ueberschrift der Seiten lesen konnte 1 St. 8′ vor jenem Zeit-
cte, Tiefe der Sonne = $8\frac{1}{2}$ Grad; 3. dafs ich die gewöhn-
he Schrift im Jahrbuche 12 Min. später lesen konnte; Tiefe
r Sonne = $7\frac{1}{2}^{\circ}$; 4. dafs ich in dem Saale der Sternwarte
s Licht auslöschen konnte, 17 Minuten später, oder als die
fe der Sonne 6 Grad betrug. [Nämlich die wahre Tiefe des
nnenmittelpunctes unter dem Horizonte.] Diese letzte Tiefe 6
$6\frac{1}{2}$ Gr. pflegt man auch als das *Ende der bürgerlichen
Dämmerung* anzugeben.

Astronomische Untersuchungen über die Dauer der Dämmerung.

3. Da die Sonne in verschiedenen Gegenden der Erde
nd in verschiedenen Jahreszeiten die Tiefe von 18 Graden
cht gleich schnell erreicht, so ist die ganze Dauer der Däm-
erung sehr ungleich. Wenn man sich 18 Grade unter dem
orizonte einen Parallelkreis des Horizontes denkt, den man
n *Dämmerungskreis* (*terminus crepusculorum*) nennt,

so mufs man eine allgemeine Beantwortung der Frage, wann die Sonne diesen erreicht, suchen. Es sey PS = 90° — d der Abstand der Sonne vom Pole, ZP = 90° — p der Abstand des Poles vom Zenith des Beobachters, ZS = 90° + 18°, wenn die 18 Grade unter dem Horizont stehende Sonne ist. Der Stundenwinkel ZPD wird aus diesen drei Seiten gefunden, indem $\text{Cos. ZPD} = \frac{-\text{Sin. } 18° - \text{Sin. p. Sin. d}}{\text{Cos. p. Cos. d}}$ ist; und da beim Untergange der Sonne Cos. des Stundenwinkels = — Tang. p Tang. d, so läfst sich aus dem Unterschiede dieser Winkel die Zeit der ganzen Dämmerung leicht finden.

Fig. 96.

Unter dem Aequator, wo p = 0 ist, hat man Cos. ZPD $= -\frac{\text{Sin } 18°}{\text{Cos. d}}$, und den Stundenwinkel, welcher dem Sonnen-Untergange entspricht = 90°, daher ist 1. wenn die Sonne im Aequator oder d = 0 ist,

$$\text{ZPD} = 90° + 18°,$$

die Dauer der Dämmerung so lange, als die Zeit, in welcher 18 Grade durch den Meridian gehen = 1 Stunde 12 Minuten; 2. wenn die Sonne 23° 28′ Declination hat, ist die Dämmerung unter dem Aequator am längsten und ihre Dauer beträgt 1 Stunde 19 Minuten.

Wenn die Sonne im Aequator steht, so ist in jeder andern Gegend die Zeit der Dämmerung gleich dem in Stunden ausgedrückten Winkel ZPD — 90°, und $\text{Cos. Z P D} = \frac{-\text{Sin. } 18°}{\text{Cos. p.}}$ also in 50 Graden Breite die Dauer der Dämmerung = 1 Stunde 55 Minuten, in 60 Grad Breite = 2 Stunden 32 Minuten. Am kürzesten Tage ist die Dauer der Dämmerung in 25 Grad Breite

= 1 Stunde 26 Min.; in 50 Grad Breite
= 2 Stunden 6 Min.; in 60 Grad Breite
= 2 Stunden 57 Min.; in 70 Grad Breite

dauert sie von der Zeit, da die Sonne, nicht mehr aufgehend, dem Horizont am nächsten kömmt 5 Stunden 12 Minuten. Selbst in noch höheren Breiten mufs also, sogar im tiefsten Winter, wenn der Himmel nur heiter ist, die Zeit des Mittags sich als etwas heller von der völligen Nacht unterscheiden.

Wenn Cos. Z P D = — 1 wird, so ist Z P D = 180°, r die Dämmerung hört gar nicht auf, indem die Tiefe der ne im nördlichen Meridian unter dem Horizonte nur genau Gr. beträgt. Die Formel giebt Cos. p. Cos. d = Sin. 18° + s. p. Sin. d. oder Cos. (p + d) = Sin. 18°, das ist p + d = °. Wenn die Sonne diese Declination d = 72° — p erreicht t, so fangen die *hellen Nächte* an. Das geschieht also unter Gr. Breite am 10 Juni; unter 50 Gr. Breite am 1 Juni; un- 52 Gr. Breite am 20 Mai; unter 54 Gr. Breite am 12 Mai; ter 60 Gr. Breite am 22 April; unter 70 Gr. Breite am 26 rz; unter 80 Gr. Breite am letzten Februar; und am Pole on am 29 Januar.

4. Diese Bestimmungen betreffen die Dauer der ganzen tronomischen Dämmerung. Will man eben diese Bestimmun- n für die bürgerliche oder gemeine Dämmerung haben, bei en Ende die Sonne 6½ Grad unter dem Horizonte steht, so ert diese Dämmerung in 50 Grad Breite um die Nachtglei- e 41 Minuten am längsten Tage, 56 Minuten; am kürzesten ge 48 Minuten; sie dauert in 52 Gr. Breite um die Nachtglei- he 42 Minuten, am längsten Tage 1 Stunde 2 Minuten, am rzesten Tage 52 Minuten.

5. Hieran schliefst sich die Frage, zu welcher Zeit des Jahres die Dämmerung unter einer gegebenen Breite am kürze- sten ist, oder wann die Sonne vom Horizont an die Tiefe von 18 Graden am schnellsten erreicht.

Die Frage läfst sich allgemeiner so fassen: die Pohlhöhe des Beobachtungs-Ortes = p ist gegeben, und zwei Höhen = H und = h; man sucht die Declination = d desjenigen Ge- stirnes, welches in der kürzesten Zeit von der Höhe = H zur Höhe = h hinabsinkt.

Es sey Z das Zenith, P der Pol, S s s′ der Parallelkreis, Fig. 97. uf welchem das Gestirn seinen täglichen scheinbaren Umlauf ollendet, so lassen sich leicht folgende Sätze beweisen. . Wenn s Z P ein rechter Winkel ist, so hat in s der Winkel s P einen gröfsern Werth als er für irgend eine andre Stel- ung desselben Gestirns erreicht. 2. Die Aenderung der Höhe t in jedem Augenblicke dem Sinus des Winkels Z S P propor- onal, also in s am schnellsten und in S und s′ gleich schnell, enn Z S P = Z s′ P ist. 3. Nimmt man also S, s′ so dafs

Z S P = Z s′ P ist, und nimmt man ferner S T = dem Parallelkreise, so wird zwar das Gestirn in gleich räumen von S nach s′ und von T nach t gelangen, abe Höhe mehr ändern, während es von S nach s′, als wi es von T nach t gelangt. 4. Folglich muſs man, um ei stimmte Aenderung der Höhe in der kürzesten Zeit zu er diejenigen zwei Puncte S, s′ auf dem Parallelkreise suche erstlich an Höhe um so viel verschieden sind, als v wurde, und in denen zweitens die Winkel Z S P = sind.

Die Beweise für diese Sätze sind folgende. — 1. Es Allgemeinen P Z = 90° — p, P S = 90° — d, Z S = 90 so ist:

$$\text{Sin. } Z\,S\,P = \frac{\text{Cos. } p \;\text{Sin. } S\,Z\,P}{\text{Cos. } d},$$

also da p und d ungeändert bleiben, Z S P am gröſsten, S Z P = 90° ist. 2. Man findet

Sin. h = Sin. p Sin. d + Cos. P Cos. p Cos. d, also fi Aenderung von h, d h Cos. h = — d P Sin. P Cos. p

oder weil Sin. Z S = Cos. h = $\frac{\text{Sin. P. Cos. p}}{\text{Sin. S}}$, d h = -

Cos. d Sin. S.

Versteht man also unter d P immer gleiche Aenderu und erinnert sich, daſs P der Stundenwinkel ist, dessen derungen gleichmäſsig in gleichen Zeiten erfolgen, so erk daſs für gleiche Zeitmomente die Aenderung der Höhe Sin. S proportional ist, also in s am schnellsten, in S eb schnell als in s′ und so ferner, wenn Z S P = Z s′ P 3. Da in s′ t die Winkel an s′ kleiner sind als in S T ist das Abnehmen der Höhe in s′ t langsamer als in S′ wenn S s′ = T t, so ist die Abnahme der Höhe währen Gestirn von S nach s′ gelangt, gröſser als während e T nach t gelangt, woraus dann von selbst die Regel folgt, diejenigen Puncte S, s′, der schnellsten Höhen-Aenderung sprechen, für welche, während sie um die gegebne Höhe schieden sind, Z S P = Z s′ P ist.

6. Hiernach lieſse sich für jede gegebene Declinatio Sonne die Frage beantworten, wo die Sonne in ihrem Ta

stehen muſs, damit 18 Grad Höhen-Aenderung in der kür-
[illegible]n Zeit statt finde; aber unsre Frage ist eine etwas andere,
[illegible]lich in welcher Declination = d die Sonne sich befinden
[illegible]s, damit die Höhen-Aenderung vom Horizont bis 18 Grade
[illegible]er dem Horizonte am schnellsten erfolge.

Hier liegt also der eine Punct S im Horizonte, der andre
Gr. unter dem Horizonte, oder Z S = 90°, Z s′ = 108°,
es soll

$$\text{Cos. } S = \frac{\text{Sin. } p - \text{Cos. } 90^\circ. \text{ Sin. } d}{\text{Sin. } 90^\circ. \text{ Cos. } d},$$

$$\text{Cos. } s' = \frac{\text{Sin. } p - \text{Cos. } 108^\circ. \text{ Sin. } d}{\text{Sin. } 108^\circ. \text{ Cos. } d}$$

ch groſs seyn, also:

$$\text{Sin. } d = \frac{\text{Sin. } p. \ (1 - \text{Sin. } 72^\circ)}{- \text{Cos. } 72^\circ},$$

[illegible] ist Sin. d = — Sin. p Tang. 9° [1]. Für die Pohlhöhe von
[illegible] Grade ist also die kürzeste Dauer der Dämmerung dann,
[illegible]n d = 6° 58′ südlich ist, das ist am 3. März und 11. Oct.
[illegible]er 60 Gr. Breite müſste d = 7° 53′ südl. seyn, welches am
[illegible]ten Februar und 18 Oct. der Fall ist [2].

Wenn man die kürzeste Dauer derjenigen Dämmerung fin-
[illegible]n will, welche mit der Tiefe der Sonne = $6\frac{1}{2}$ Gr. aufhört,
[illegible] bleibt die Formel eben so, nur muſs statt Tang. 9° stehen,
[illegible]ng. 3° 15′. Diese kürzeste Dämmerung findet unter 50 Gr.
[illegible]ite am 14. März und 29. Sept. statt, wenn die Sonne 2° 29′
[illegible]dl. Decl. hat, und ihre Dauer ist 40 Min. statt daſs die kür-
[illegible]ste Dauer der astronomischen Dämmerung unter dieser Breite
[illegible]St. 53 M. ist.

---

1 Andere Auflösungsmethoden giebt Lulofs Einl. z. Kenntniſs d.
[illegible]kugel, übers. von Kaestner. Th. 2. S. 77. und Bohnenbergers Astro-
[illegible]ie S. 78.

2 Die Formel Sin. d = — Sin. p tang. 9° scheint auch für grö-
[illegible]e Polhöhe Werthe zu geben, z. B. für p = 90°, d = 9° 7′; da
[illegible] die Tiefe von 18 Gr. bei dieser Declination gar nicht erreicht
[illegible], und überhaupt dort keine Erscheinen der Sonne im Horizonte
in einer Tiefe von 18 Graden statt findet, so fällt dort die Anwen-
[illegible]weg.

7. Was die Geschichte dieser Untersuchungen betrifft, so läfst sich diese sehr kurz fassen.

Schon ALHAZEN hat über die Tiefe der Sonne, bei welch die Morgendämmerung anfängt und die Abenddämmerung hört, richtige Bestimmungen gemacht, die RICCIOLI mit den gaben andrer Astronomen anführt [1]. Die Tage der kürzest Dämmerung hat schon NUNNEZ durch geometrische Betracht gen richtig bestimmt [2]. Die analytische Auflösung des Probl die Zeit der kürzesten Dämmerung zu finden, hat JOH. BE NOULLI lange beschäftigt, und er ist der erste, der die Au sung gefunden hat [3].

Optische Untersuchungen über die Dämmerung.

8. Schon im Art. *Abendröthe* ist mehreres angege was auch hierher gehört, ich will zu dem dort Erwähnten noch Einiges beifügen. Bald nach Sonnen-Untergang sich gerade der Sonne gegenüber ein bogenförmig begren blauer Raum, über welchem die Röthe, die sich vorhin b den östlichen Horizont erstreckte, noch fortdauert. D Bogen ist zwar nicht scharf, aber doch hinreichend de begrenzt, um zu erkennen, dafs seine gröfste Höhe der S gegen über liegt; das oberhalb sichtbare matte Roth geht gröfserer Höhe in Weifs über, und erst noch höher hinauf der Himmel seine gewöhnliche blaue Farbe. Dieses blaue S ment ist es, was MAIRAN [4] Gegendämmerung genannt hat; ist offenbar nichts anders, als der Schatten, den die Erde die Atmosphäre wirft, so dafs nur noch der höhere, nicht schattete Theil uns, als unmittelbar von der rothgelb schei

1 Riccioli almag. nov. I. 39. Alhazen de crepusculis in Ri thesaurus opticae.

2 Nonius de crepusculis.

3 Joh. Bernoulli opera. I. 64. wo er jedoch nur das richtige sultat mittheilt, und klagt, dafs selbst die am leichtesten schein Methode in so höchst weitläuftige Rechnungen führe, wenn sie gl endlich eine sehr einfache Formel gebe.

4 Traité de l'aurore boreale Ed. 2. p. 79. Funk de colori coeli p. 144.

die Sonne erleuchtet, orangefarbe oder geröthet erscheint. Man kann fragen, warum denn dies Segment blau erscheine? — Offenbar weil es Licht von dem in unserm Zenith noch immer hell erscheinendem Himmelsgewölbe erhält, also von blauem Lichte erleuchtet ist, das zwar mit weifsem Lichte gemischt ist, aber doch das Blau in stark vorwaltendem Mafse enthält. Dieses Blau am östlichen Horizont ist dunkler als das gewöhnliche Blau des Himmels und als das Blau im Zenith, weil offenbar von den Strahlen, die der blaue Himmel im Zenith dorthin sendet, nur ein geringer Theil abermals zurückgeworfen wird.

Auch das Weifs oder das weifsliche Grau, welches oberhalb des röthlichen Bogens, über jenem Blau den Uebergang in das gewöhnliche Himmelblau, das am Zenith noch immer gesehen wird, bildet, läfst sich leicht erklären. Der Beobachter in A bekommt nämlich, wenn die Sonne in N untergeht und F N O die Atmosphäre beschattet ist, aus den in der Höhe liegenden, noch mit Dünsten beladenen, Schichten gelbrothe Strahlen, so wie sie die dort noch scheinende Sonne liefert, aber zugleich aus den höhern Schichten B D, die von ungeschwächtem Sonnenlichte erleuchtet werden, blaue Strahlen, ja selbst die Dünste bei B A, die zwar auch vom Abendroth, aber zugleich doch vom blauen Himmel E erleuchtet werden, geben nicht wenige blaue Strahlen, und das Auge erhält also in gewisser Höhe über dem von der Erde beschatteten Theile F O des Himmelsgewölbes durch Zurückwerfung alle Arten von Strahlen; und es läfst sich daher begreifen, wie diese Mischung da, wo weder das Orange der Abendröthe noch das Blau des Himmels das Uebergewicht hat, jenes nicht ganz reine Weifs hervorbringen kann, welches wir oberhalb des rothen Bogens im Osten bemerken. (Fig. 98.)

Wenn die Sonne noch etwas tiefer sinkt, so werden die helleren Sterne an der der Sonne gegenüberstehenden Seite zuerst sichtbar. Nach Lamberts Beobachtungen geht die Grenze der noch unmittelbar von der Sonne erleuchteten dichtern Luft durch das Zenith, wenn die Sonne $6\frac{1}{2}$ Gr. unter dem Horizonte steht, und dann sieht man schon die gröfsern Sterne.

Die orangefarbene Abendröthe zieht sich unterdefs in einen immer engeren Raum zum westl. Horizonte hinab, und über ihr zeigt sich ein weifser, bogenförmig begrenzter Raum, den

man den *Dämmerungsschein* nennen kann. Er ist
weil die niedrigere dunstige Luft in der Gegend, wo wir
hen, gar nicht oder sehr wenig von der Sonne geradez
erhellet wird, sondern ein Gemisch von Strahlen der Ab
the und des blauen Himmels die Dünste der untern Luft e
tet. Steht nämlich die Sonne so tief unter dem Horiz
Beobachters in A, dafs G H ihre die Erd-Oberfläche ber
den Strahlen vorstellt, so sieht der Beobachter in A un
bei K etwas von der durch die untergehende Sonne oran
ben erleuchteten, dunstigern Luft; in der Gegend von E
wohin keine directen Strahlen mehr gelangen, werden die
schichten und Dünste theils von den bei M gelbroth erle
ten Dünsten, theils von dem blauen Himmel bei H besc
und diese Mischung giebt ihnen das weifsliche Ansehen,
ches den spätern Dämmerungsschein nach der Abendröth
bietet. Dieses Weifs geht desto mehr in Blau über, je
es von dem noch als Abendröthe erscheinenden Streif
Horizont entfernt ist.

9. Kennten wir die Höhe derjenigen Luftschichten,
che noch geschickt sind, um hinreichendes Licht zurückz
fen, so würden wir die Dauer der ganzen Dämmerung b
nen, und auch ihre nach und nach erfolgenden Erschein
genauer übersehen können. Es stelle A B C die Oberfläc
Erde vor, D E F G die Grenze der Luftschicht, die noch
ist, Lichtstrahlen in erheblicher Menge zurückzuwerfen;
wird, wenn die Sonne dem Beobachter in A untergeht
Theil D E der Atmosphäre noch von der Sonne erleuchtet
wenn E B F die Erde in B berührt, so sieht ein Beobach
B noch die äufserste Grenze der von der Sonne erleuc
Luft; ferner, der Theil F E der Atmosphäre erhält dur
in D E erleuchtete Luft noch etwas Licht, und wenn
F C G eine Tangente ist, so sieht der Beobachter in C no
letzte Grenze der durch die erste Zurückwerfung erleuc
Luft u. s. w. Wir können daher, theoretisch wenigstens
erste Dämmerung, *Hauptdämmerung* (*crepus*
primarium,) von der *zweiten Dämmerung* (*crepus*
secundarium) unterscheiden; und wenn wir zum Beispi
nähmen, die Luft sey bis zu 2 Meilen Höhe noch dicht

Fig. 99.

m Licht in erheblicher Menge zurückzuwerfen, so wäre KB = 860 Meilen, KE = 862 Meilen, also BKE = 3° 50′, die erste Dämmerung würde aufhören, wenn die Sonne 7° 40′ unter dem Horizonte ist, die zweite Dämmerung, wenn sie 15° 20′ unter dem Horizonte ist. Diese Zahlen müfsten indefs, selbst wenn die Höhe der Luftschicht ganz richtig wäre, noch etwas verbessert werden. Wegen der Refraction nämlich gelangt der Lichtstrahl DE nicht gerade, sondern etwas gekrümmt nach E und die Beobachtung lehrt, dafs diese Krümmung oder die Refraction bei Sonnen-Untergang ½ Gr. beträgt; dieser halbe Grad, welcher der Krümmung des DA entspricht, kommt beinahe auch, (wenn gleich nicht völlig, da DA schon in den noch höhern Schichten der Atmosphäre einige Brechung erlitten hatte) in AE abermals und in EB abermals vor; wir müfsten daher das Ende der ersten Dämmerung etwa dann annehmen, wenn die Tiefe der Sonne = 7° 40′ + 1° 30′ oder etwa 9 Grad ist, und das Ende der zweiten Dämmerung, wenn die Tiefe der Sonne = 15° 20′ + 2° 30′, also nahe genug 18 Grad ist. Hiernach könnten wir 2 Meilen wohl als die Höhe derjenigen Atmosphäre ansehen, die noch bedeutend zur Unterhaltung der Dämmerung beiträgt, und es scheint mir kaum möglich, die Bestimmung viel genauer zu erhalten.

10. Lambert [1] hat eine genauere Berechnung dieser Höhe versucht, die aber wegen der Unmöglichkeit, ganz genaue Beobachtungen anzustellen, doch zu keinem recht genügenden Resultate führt. Er beobachtete nämlich zu bestimmten Zeiten die Höhe des hellen Bogens, den die Dämmerung darstellte, und schlofs daraus auf die Höhe der Lufttheilchen, die dort, von der Sonne erleuchtet, sichtbar wurden; aber wenn man für verschiedene Zeiten aus der Höhe dieses Bogens die Höhe der Atmosphäre berechnet, so ergeben sich sehr ungleiche Resultate, sobald man diesen Bogen als Grenze der Hauptdämmerung ansicht. Befindet sich nämlich der Beobachter in H und sieht in E die Grenze

1 Photometria seu de mensura luminis, colorum et umbrae. Pars 5. Cap. 3. Auch die frühern Schriftsteller, namentlich Nunnez haben die Höhe der Atmosphäre aus der Dauer der Dämmerung zu berechnen gesucht, doch sind ihre Bestimmungen sehr unvollkommen.

e sieht, so geht noch fast die ganze Gesichtslinie a e durch Luft, die von der Sonne erleüchtet ist, die nicht weit davon enfernte Gesichtslinie a f dagegen liegt ganz im Schatten der Erde; da nun die Luft uns um so mehr hell erscheint, je länger die in erleuchteter Luft fortlaufende Gesichtslinie ist, so sieht der Beobachter a in der Gegend e noch lebhafte Helligkeit, in f ein ralatives Dunkel, und er erkennt also die Grenze E mit ziemlicher Deutlichkeit. Der Beobachter b hat die Grenze der Hauptdämmerung im Zenith; sieht er von ihr westlich nach e, so geht freilich seine Gesichtslinie durch einen kleinen Theil der noch bei e von der Sonne beschienenen Luft; aber die Länge dieses Theiles der Gesichtslinie ist geringe, und überdas gelangt nach e nur sehr mattes Licht, das nämlich auf dem weiten Wege D e durch die Atmosphäre sehr geschwächt ist. Der Beobachter b kann daher die durch sein Zenith gehende Grenze der Hauptdämmerung nicht genau erkennen, wie es auch die Erfahrung zeigt.

Eben so wenig kann der Beobachter H, welchem sich die Grenze der Hauptdämmerung zum Untergange neigt, diese Grenze deutlich unterscheiden; und der helle Dämmerungsschein, den er in Westen so ziemlich begrenzt sieht, ist keinesweges die Hauptdämmerung, sondern eine Mischung beider. Aus zwei Gründen aber ist in H die Abnahme der Helligkeit des Himmels in einiger Entfernung vom Horizont sehr schnell. Der Beobachter in H sieht nämlich erstlich eben den Raum f e, der dem Beobachter in b zum Beispiel 20 Grad breit (ich will annehmen 10 Grad östlich und 10 Grad westlich vom Zenith) erschien, unter einem sehr viel kleinern Winkel; denn wenn E H etwa $8\frac{1}{2}$ Gr. über dem Horizont läge, so wäre, für eine 2 Meilen hohe Atmosphäre doch immer H E = 14 Meilen, und wenn ich f e = $\frac{2}{3}$ Meile setze, so erscheint f e nur unter einem Winkel von weniger als $\frac{1}{2}$ Grad, obgleich der Beobachter in b, f e unter einem Winkel von 20 Graden sieht; die ungleich hellen Puncte erscheinen also dem Beobachter H sehr nahe an einander gerückt. Aber wenn man zweitens auch nur auf die zweite Dämmerung sieht, so muſs diese in H und noch mehr in B gegen das Zenith hin schnell abnehmen, da sie an jeder Stelle ungefähr der Länge der Gesichtslinien proportional ist, die für B so abnehmen, wie B f, B g zeigt.

Nach allen diesen Ueberlegungen scheint es mir nicht, dafs
e Bestimmung der Höhe derjenigen dichtern Luft, welche noch
ichtstrahlen reflectirt, zu einem hohen Grade von Genauigkeit
ebracht werden könnte. Die Unsicherheit wird dadurch noch
ermehrt, dafs wir gar nicht genau angeben können, in wel-
hem Mafse die Luft in D, mehr als die Luft in E, durch das
on ihr nach f zurückgeworfene Licht dort Erleuchtung bewir-
en kann. Gewifs ist die Luft in D viel stärker erleuchtet, als
ie in E, und da von dieser stärkeres Licht gebenden Luft wohl
ich f und g, nicht aber nach F Strahlen gelangen, so liegt
rin noch ein neuer Grund, warum die zweite Dämmerung
ch stark gegen das Zenith abnehmend zeigen mufs, wenn wir
n die Zeit, da die Grenze der ersten Dämmerung untergeht,
r durch sie noch Helligkeit am Himmel sehen.

Um indefs noch einen Versuch beizufügen, wie man viel-
cht die Höhe derjenigen Atmosphäre, die bedeutend viel Licht
rückwirft, finden könne, will ich annehmen, die Grenze der
uptdämmerung gehe dann unter, wenn die Färbung der Abend-
the aufhört. Diese Färbung geht zuletzt in ein sehr schmu-
ges Gelbroth, in eine Art von Braun über, und nach einer Be-
achtung, die ich darüber bei sehr heiterm Himmel angestellt
abe, ist diese Färbung fast im Verschwinden, wenn der Mit-
elpunct der Sonne $11\frac{3}{4}$ Gr. unter dem Horizont ist. Dann ist

$$KAE = KBE = 89^\circ\ 29',$$
$$BKA = 11^\circ\ 45',\ EKA = 5^\circ\ 52'.$$

as gäbe $KE - KA = 3,5$ Meilen, vermuthlich etwas zu
rofs, indefs mit Lamberts Rechnung, der diese Höhe $= 3,9$
nimmt, gut übereinstimmend.

11. Lambert hat nach Voraussetzungen, die freilich auch
cht für ganz genau gelten können, versucht, die Erleuchtung
u berechnen, welche eine horizontale Ebene vermöge der Haupt-
immerung bei verschiedener Tiefe der Sonne unter dem Hori-
nte erhält [1]. Das Merkwürdigste aus dieser Berechnung [2] ist
e schnelle Abnahme der Erleuchtung um die Zeit, da die

---

1 Photometria p. 453.

2 Von der Anordnung einer solchen Berechnung; S. Art. *Erleuch-*
ig.

Grenze der ersten Dämmerung durch das Zenith geht, oder w die Tiefe der Sonne von 6 bis 7 Grad zunimmt. Nach sein Voraussetzungen geht die Grenze der Dämmerung durch d Zenith, wenn die Sonne 6°, 23′ unter dem Horizont ist, und di dann statt findende Erleuchtung einer horizontalen Ebene se er = 1; wenige Minuten früher, als die Sonne nur 6° 5′ unt dem Horizont war, findet er die Erleuchtung = 1, 75; u wenige Minuten später, als die Sonne 6° 50′ unter dem Ho zont war, findet er sie = 0, 13. Dieses Resultat, wobei d Wirkung der zweiten Dämmerung ganz unbeachtet gelassen i hat doch darum einige Merkwürdigkeit, weil die Erfahrung a lerdings lehrt, dafs um diese Zeit die Dunkelheit sehr schn zunimmt; jedoch lange nicht in dem Mafse. Es wäre wohl d Mühe werth, durch Versuche hierüber etwas Genaueres aus mitteln. *B.*

Dämmerungskreis.

Circulus s. *terminus crepusculorum.* Man versteht da unter den in 18 Gr. Tiefe unter dem Horizont gezogenen Parall kreis des Horizonts, weil, wenn die Sonne diesen erreicht, d Dämmerung aufhört.

Auch in einer andern Bedeutung hat man dies Wort braucht. Die Dämmerung nämlich, so wie wir sie am Him sehen, zeigt sich ungefähr kreisförmig begrenzt, und diese sc verwaschene Begrenzung kann man allenfalls auch Dämmerung kreis nennen. Den höchsten Punct der Grenze dieses hell Segments nennt Lambert *culmen crepusculi*, den höchsten Pun des Dämmerungsscheines. *B.*

Dammerde.

Gartenerde; *Humus;* Terreau; *Mould*, *Upper earth.* Hierunter versteht man das zerreibliche Gemenge von mechanisch und chemisch zersetzten Gebirgsarten einerseits, und von vegetabilischen und thierischen Ueberbleibseln andererseits, mit welchem der gröfste Theil des Erdbodens bedeckt ist, und welches vorzüglich den Pflanzen zur Befestigung und Nahrung dient. Die häufigeren Gemengtheile der Dammerde sind: Quarzsand, Glimmerblättchen, Thon, oft sehr reich an

Eisenoxydhydrat, kohlensaure Bittererde, kohlensaurer und hwefelsaurer Kalk, verschiedene Kali- und Ammoniak-lze, zum Theil freie Säure, Wasser, Holzfaser, Moder und xtractivstoff des Humus. Unter letzteren versteht man alle jenige organische Materie, welche im Wasser löslich ist, d die häufig in ihrer Natur abweichen mag; unter Moder der cht in Wasser, aber in Kali löslichen organischen Theil den mmerde. Dieses Gemenge variirt auf mannigfache Weise in ner Zusammensetzung, und dadurch ist die verschiedene uchtbarkeit desselben bedingt. Im Ganzen ist die Dammerde so fruchtbarer, jemehr Moder und andere organische Reste enthält, um so feuchter, je reicher sie an Thon, um so ockener, je reicher sie an Quarzsand ist, und die in feuchten egenden vorkommende saure Dammerde verdankt ihr Eigen-ümliches dem Gehalte an freier Essigsäure und Phosphor-äure [1]. *G.*

Dampf.

unst; *Vapor; Vapeur; Vapour, Steam.* Unter mpf versteht man *jede elastische oder expansibele Flüssig-*t, welche durch den Einflufs der Wärme auf tropfbar flüssi-oder feste Körper aus diesen gebildet ist, und ihre expansi-üssige Beschaffenheit nur so lange vollständig und ohne scheidung eines Theiles derselben in tropfbar flüssiger oder ter Gestalt beibehält, als die Temperatur nicht abnimmt oder Raum, in welcher sie eingeschlossen ist, nicht vermindert d. Einige, z. B. Fischer [2] wollen diese Substanzen mit dem men *Dunst* belegen, allein hierunter versteht man solchen mpf, welcher seine Expansion zum Theil schon verloren t, und mit sehr feinen tropfbar flüssigen oder festen Theilchen mengt nicht mehr vollkommen durchsichtig ist, wie sich z. beim Nebel, über siedendem Wasser, rauchender Salpeter-äure oder der wäfsrigen flufssauren Boraxsäure, den verbren-

---

1 Ueber das Weitere ist vorzüglich zu vergleichen: *Theod. v. aussüre* in Gehlen N. Journ. f. Chemie IV. 684. *Einhof* ebend. VI. 1. und *Schübler* in Schweigger Journal XIX. 454. XXI. 189. XXXVII. 7. und XXXVIII. 141.

2 Theorie u. Kritik der Verdunstungslehre. Berl. 1810. p. 7. Anm.

nenden Metallen u. s. w.[1] zeigt. Weil die Wasserdäm
eben wie die aus andern Flüssigkeiten gebildeten Dämpfe, dt
Entziehung der Temperatur nicht mehr ihre der Luft gle
Durchsichtigkeit behalten, sondern zum Theil in tropfl
Flüssigkeiten verwandelt werden, so hat man der Untersc
dung wegen *Gasarten* die unter jedem Drucke und bei j
Temperatur, also *permanent elastischen* Flüssigkeiten gena
Dämpfe dagegen solche, welche durch Entziehung der W
me oder Verminderung des Volumens ihre Expansion verlie
Dieser Unterschied scheint aber gegenwärtig unstatthaft.
RADAY[2] hat nämlich durch sinnreiche Versuche gefunden,
verschiedene bisher für permanent elastisch gehaltene Gasa
als Chlor, schwefelsaures Gas, Schwefelwasserstoffgas, s
saures Gas, Kohlensäure, Ammoniakgas, Salpetergas und
anogen durch starken Druck bei mittlerer Temperatur trop
flüssig werden, und es ist daher fraglich, ob nicht auch
übrigen Gasarten, namentlich Sauerstoffgas, Wasserstol
und Stickgas, welche bis jetzt noch nicht tropfbar flüssig
macht sind, bei stärkerer Compression diese nämliche Verä
rung erleiden werden, wodurch dieser Unterschied der *per*
nenten Gasform gänzlich wegfallen würde. Gleich interes
sind ähnliche Versuche von CAGNIARD DE LA TOUR[3], wo
verschiedene Flüssigkeiten durch die vereinte Wirkung e
starken Druckes und vermehrte Wärme ohne bedeutende V
gröfserung ihres Volumens völlig expandirt werden. Der
parat, dessen er sich hierzu bediente, besteht aus einer kru
gebogenen, an einer Seite etwas erweiterten, an beiden Se
zugeschmolzenen Glasröhre. In dem etwas weiteren Sche
befindet sich zwischen E F die zu untersuchende Flüssig
zwischen F D und B das sperrende Quecksilber, von B b
aber Luft, deren Compression dazu dient, nach dem Mari
schen Gesetze die Stärke des Druckes zu bestimmen; die
hitzung geschah in Leinöl, dessen Temperatur durch ein T
mometer gemessen wurde. Ein genaues Caliber der gebra

Fig. 100.

1 S. *Dunst*.

2 Ann. C. P. XXIV. 396. u. 403. Vergl. Journ. of Sc. Li
Arts. N. XXXII. 229. Daraus in Schweigg. J. N. R. XIII. 210.

3 Ann. C. P. XXI. 178.

r Röhre ist hierbei eine nothwendige Bedingung. Vermittelst ses Apparates fand er, dafs *Schwefeläther* bei einer Ausdehng von weniger als dem Doppelten seines ursprünglichen Vomens, mit einem Drucke von 37 bis 38 Atmosphären und rch eine Temperatur von 200° C.; *Alkohol* bei einer Ausdehng von etwas weniger als dem Dreifachen seines ursprüngli-en Volumens mit einem Drucke von 119 Atmosphären und rch eine Temperatur von 259° C.; *Wasser* endlich, welches s Glas auflösete, und daher nicht genau untersucht werden nnte, bei einer Ausdehnung von nahe dem Vierfachen seines olumens und in der Hitze des schmelzenden Zinkes (274° R. ach Daniell) expandirt wurden [1].

Inzwischen ist hierdurch der Unterschied zwischen *Dämpfen* und *Gasarten* doch keineswegs aufgehoben, und läfst ch ganz einfach so ausdrücken: die *Gase folgen dem Mariotchen Gesetze, die Dämpfe nicht;* wobei dann zugleich beksichtigt werden mufs, dafs auch dieses Gesetz erweislich cht in absoluter Ausdehnung anwendbar ist, bei den verhiedenen Gasarten aber leicht in einem ungleichem Umfange wendbar seyn mag. Um diesen Satz anschaulich zu machen d seine Richtigkeit einzusehen, denke man sich ein Gefäfs von gebenem Inhalte, etwa einen Cylinder, mit Gas gefüllt. Es rde dieses durch einen hineingetriebenen Embolus auf die älfte zusammengeprefst; so wird ohne Aenderung der Temratur die Elasticität und Dichtigkeit desselben doppelt seyn. fände sich in demselben Cylinder aber Dampf statt Gas, so ird unter gleichen Bedingungen sowohl die Elasticität als auch e Dichtigkeit *unverändert* bleiben, die Hälfte des Dampfes er in tropfbare Flüssigkeit verwandelt werden [2]. Es werde rner in dem angenommenen verschlossenen Gefäfse die Gasart

---

1 Es scheint mir sehr unglaublich, dafs Glas, an der Lampe aus öhren geblasen, diese Versuche auszuhalten vermöge, auch stimmen die angegebenen Temperaturen und die ihnen zugehörigen Elasticitäten der Dämpfe nicht mit andern genauen Beobachtungen überein. Auf die beträchtliche Elasticität des Glases ist aufserdem nicht Rücksicht genommen. Vergl. *Elasticität*.

2 Eine hiermit zusammenhängende Betrachtung S. unter Nr. 2 gegen das Ende.

und in einem andern der Dampf um n Grade des Therm
erwärmt, so wird zwar ein gleiches Gesetz der Ausd
beider Expansibilien vorausgesetzt[1], die Elasticität bei
unveränderter Dichtigkeit auf gleiche Weise zunehm
Dampf aber wird aufhören, die der Temperatur zug
Dichtigkeit zu haben. Würde dagegen unter abermals g
Bedingungen die Temperatur beider Gefäfse um n Gra
vermindert, so wird die Elasticität des Wasserdampfes m
die des Gases abnehmen, weil ein Theil desselben t
flüssig ausgeschieden wird. Aus allem diesem geht also e
wesentlichen Unterschied zwischen *Gas* und *Dampf* d
hervor, ohne dafs damit zugleich bestimmt ist, bis wi
die Anwendung des Mariotteschen Gesetzes für die versc
denen Gasarten zulässig seyn mag.

Hierdurch ist also der Unterschied zwischen Gasart
Dämpfen bestimmt angegeben, und man darf einfach des
in der Art festsetzen, wenn man sagt: *Gasarten*
sind *solche expansibele Flüssigkeiten, welche dem Ma
schen Gesetze folgen*, ohne Rücksicht darauf, wie weit di
gültig seyn mag; *Dämpfe* dagegen *solche, auf welch
Gesetz nicht anwendbar ist;* oder was auf das Nämlich
ausläuft: *Gase* sind diejenigen Expansibilien, *deren El
tät und Dichtigkeit im zusammengesetzten Verhältnis
Temperatur und des äufseren Druckes steht*, *Dämpfe*
gen solche, *deren Dichtigkeit und Elasticität eine Fun
der Temperatur allein ist.*

Um indefs dieses richtig zu verstehen, mufs man zu
Folgendes wohl berücksichtigen, welches gleichfalls dazu
den Unterschied zwischen Gasen und Dämpfen bestimmte
vorzuheben. Es ist nämlich bei den Dämpfen sehr wese
zu bestimmen, ob sie im *Zustande der Sättigung
Maximo der Dichtigkeit* vorhanden sind, oder sich
diesem *Zustande der Sättigung, unter dem Ma
ihrer Dichtigkeit* befinden, eine Unterscheidung, w
eben dem Mariotteschen Gesetze gemäfs bei den Gasen ü
nicht vorhanden ist.

---

1 S. *Ausdehnung* I. 631.

Unter dem Ersteren versteht man diejenige Beschaffenheit selben, *wenn in einem gegebenen Raume so viel Flüssigkeit Dampfform vorhanden ist, als nach den unten zu bestimmden Gesetzen ihrer Dichtigkeit bei einer bestimmten Tempeur darin enthalten seyn kann.* Auf diese Weise erscheinen dann, wenn zur fortgehenden Dampfbildung unausgesetzt hinlängliche Menge Flüssigkeit gegenwärtig ist, der Procefs Verdampfung lange genug gedauert hat, und der gebildete npf nicht auf irgend eine Weise absorbirt oder weggeführt da. Ohne diese Bedingungen ist der Dampf häufig in einem ande *nicht völliger Sättigung* vorhanden, namentlich der Wasserdampf in der atmosphärischen Luft, welcher selten, z. B. bei regnerischer Witterung oder bei dem zuen eintretenden sehr feuchten Zustande der Atmosphäre Zustande der Sättigung, sonst aber in der Regel unter die Puncte sich befindet. Weil indefs die Dämpfe nur im Zude der Sättigung allgemeine Bestimmungen zulassen, so d bei den folgenden Untersuchungen dieser allezeit vorausetzt.

Dafs der Dampf gänzlich den aërostatischen Gesetzen folge, in rücksichtlich seines Verhaltens den expansibelen Flüsiten mit Recht beigezählt werde, hat Howitz [1] an folgen-Erscheinung wahrgenommen. Befindet sich im Gefäfse A Fig. 101. oder eine sonstige verdampfbare Flüssigkeit, aus weldurch eine untergesetzte Lampe Dampf entwickelt wird, erhöhet man beim Sieden derselben die ausgehenden Röh- a und b durch aufgesteckte Stücke abwechselnd bald die bald die andere, so wird allezeit der Dampf, als die leich- Flüssigkeit aus der höchsten Mündung entweichen, in die ere aber zugleich die atmosphärische Luft eindringen.

Man hält sehr allgemein die Dämpfe für eine Verbindung verdampfenden Körper und des Wärmestoffes, weil derselin so viel gröfserer Menge gebildet wird, je gröfser die Sumdes verbrauchten Wärmestoffes ist, und letzterer aus den sten Dämpfen in gleichem quantitativen Verhältnisse wieder lten wird, als zur Bildung derselben verwandt wurde. n könnte hiernach die Dämpfe als chemische Verbindungen

1 Schweigg. J. N. F. XI. 295.

der verschiedenen Substanzen mit dem Wärmestoffe
stände dieser Ansicht nicht entgegen, dafs der schon
Dampf Wärme, und zwar in jedem quantitativen Ve
annimmt, und dadurch ohne Vermehrung der Menge
dampften Körpers in einen gröfseren Raum ausgedel
Ziemlich allgemein bekennen sich gegenwärtig die Phy
der von J. T. Mayer, Dalton und La Place aufgestel
pothese, wonach die Dämpfe, eben wie die Gasarte
Molecülen der expandirten Körper bestehen, jedes
Wärmeatmosphäre umgeben, welche die Ursache de
sion ist [1]. Wenn aber hiernach, mit Rücksicht auf
angestellten Betrachtungen, ein eigentlich *wesentlich*
schied zwischen Dämpfen und permanenten Gasar
statthaft scheint [2], so muſs man annehmen, dafs in
schiedenen Abstufungen die Affinität der expandirten M
zum Wärmestoffe verschieden sey, so dafs einige
leichter, andere schwerer abgeben, desgleichen würd
sehr ungleichen Dichtigkeit und respectiven Wärmecapa
verschiedenen Dämpfe folgen, dafs die Molecülen ein
pansibeler Flüssigkeiten ungleich gröfser sind, als and
dafs zugleich ihre Wärmeatmosphären sehr ungleiche
messer haben. Döbereiner [3] folgert den ersteren Satz
nen Beobachtungen, wonach *Wasserstoffgas* aus
genen Campanen, worin es gesperrt gehalten wurde,
während die nämlichen Risse *andere Gasarten* nich
liefsen, welches auf kleinere Mischungsgewichte (Ato
Wasserstoffes schliefsen läfst. Soll La Place's eben e
Hypothese hiermit in Uebereinstimmung gebracht we
würde folgen, dafs die gröfsten oder auch schwer
schungsgewichte der Körper, wie namentlich der Met

---

1 Vergl. Th. I. 497.

2 Robison Mech. Phil. II. 21. nimmt einen Unterschied i
mischen Beschaffenheit der Gasarten und Dämpfe an, nämlich
der Verbindung der Wärme mit der Basis, weswegen Däm
bloſse Entziehung der Wärme niedergeschlagen würden, Gas
nicht.

3 Die neuesten und wichtigsten physikalisch-chemis
deckungen. Jena 1823. 4. p. 15.

Wärmeatmosphären besitzen, deren stärkere gegensci-
pulsionen bei geringerer Anziehung zu den Molecülen
is diese letzteren selbst weiter von einander entfernen;
ıer die mindest dichten Dämpfe bilden, welches voll-
ı mit der Erfahrung übereinstimmt, während ihre ge-
. Elasticitäten wegen der Abstofsungen der minder dicht
ften Wärmetheilchen unter einander einem äufsern
einen kleineren Widerstand entgegensetzen. PARROT [1]
ist geneigt, verschiedene Arten von Wasserdampf, einen
chen, einen *chemischen* und einen *Bläschendampf*
r physique, chimique et vésiculaire) anzuneh-
llein die Natur bietet uns keine Erscheinungen dar, wel-
en solchen Unterschied anzunehmen nöthigen.

e Gasarten nebst den Dämpfen als eine Verbindung der
mit wägbaren Grundlagen anzusehen, ist keine neue
lung, sondern schon LAVOISIER [2] hat dieselbe gehabt,
ıchher sind SAUSSÜRE [3], DE LÜC u. a. dieser Ansicht bei-
n. Am ausführlichsten hat sich DE LÜC hierüber erklärt,
ımentlich das Feuer oder den Wärmestoff das fluidum de-
(fluide déferant) genannt, welches die Theilchen
pandirten Flüssigkeit aus einander halten, und das ver-
dene Verhalten der Dämpfe, nebst den Veränderungen,
he sie zeigen, bedingen soll [4]. Uebrigens werden alle be-
ite Flüssigkeiten durch den Einflufs der Wärme in Dämpfe
andelt, und da es gegenwärtig wohl gar keinen Körper
giebt, welcher nicht durch die höchsten Grade der Hitze
mpf oder Gas verwandelt werden könnte, so lassen sich
mach auch alle als mehr oder minder verdampfbar anse-
Manche Substanzen, namentlich thierische und vegeta-
ıe Stoffe werden früher in ihre Bestandtheile zerlegt, als
ımelzen und also auch sieden, daher aus ihnen Gasarten
icht Dämpfe entstehen. Von den Metallen hat das Queck-

Voigt Mag. III. 1. G. X. 167. Entretiens sur la Physique. IV.
Vergl. Boeckmann bei G. XI. 66.

Mém. de Par. 1777.

Essay sur l'Hygrom. Ess. III. ch. 1.

W. A. E. Lampadius kurze Darstellung der vorzüglichsten Theo-
s Feuers u. s. w. Gött. 1793. 8. p. 51. Vergl. Gren. J. VIII. 143.

ber, nur das leichtflüssigste, einen Siedepunct; manche n
leicht schmelzbare, als Wismuth, Zinn, Blei, Zink u. s
brennen unter Erzeugung eines sichtbaren Rauches im gem
Kohlenfeuer, die strengflüssigen, als Kupfer, Silber,
Eisen, Platin u. s. verdampfen in der Flamme des Knall
bläses, im Focus großer Brennspiegel und durch den el
schen Batteriefunken; die fixen Alkalien und reinen
aber sind durch die jetzt bekannten Mittel der Erhitzung
schmelzbar, und es läſst sich daher über ihre Verdampfu
der Erfahrung noch nichts mit Sicherheit bestimmen.

Die *Quantität* des aus einer Flüssigkeit gebi
Dampfes wird durch mannigfaltige Umstände bedingt, h
sächlich durch die Menge der in gleichen Zeiten zugefü
Wärme. Ein Hauptpunct der Temperatur, bei welcher
Dampfbildung aus den verschiedenen Flüssigkeiten vor
weise sichtbar wird, ist der sogenannte *Siedepunct*,
welchem die stets neu gebildeten Dämpfe von einer, dem j
maligen Drucke der auf ihnen ruhenden expansibelen Fl
keiten gleichen, Elasticität frei entweichen können [1]. In
schen werden von vielen Flüssigkeiten auch in geringere
me, als diejenige ist, bei welcher sie sieden, Dämpfe ge
ja einige, wie namentlich das Wasser, verlieren auch al
Körper durch stete Verdünstung von ihrer Masse, und
daher fraglich, ob wir eine bei allen Temperaturen stattfin
de Dampfbildung aus allen Körpern anzunehmen haben.
ausführlichere Untersuchung dieses Gegenstandes wird u
dem Art. *Verdunstung* [2] mitgetheilt werden. Hier möge
her nur die allgemeine Bemerkung genügen, daſs allerdings
fortwährende Verdampfung der meisten Flüssigkeiten bei
Temperaturen stattfindet, in welchen sie flüssig bleiben
namentlich des Weingeistes, Schwefeläthers, Wassers, Qu
silbers u. a., daſs auch das Eis, ohne im Ganzen zu schm
die Bildung von Wasserdampf gestattet und der Kampfer,
wie manche andere Körper, unter Verbreitung eines merkl
Geruches durch eine Art von Auflösung in Dampfform stet

1 Vergl. *Sieden, Siedepunct.*
2 Vergl. *Verdunstung.*

hmen, wonach man zu schlieſsen berechtigt wird [1], daſs sche, einen Geruch verbreitende, Metalle, als Kupfer, Zinn, i u. dgl. diese ihre Eigenschaft gleichfalls der Verbreitung s unmeſsbar dünnen und elastischen Dampfes verdanken. em endlich das Verhalten der Dämpfe unter und über dem rierpuncte und dem Siedepuncte im Wesentlichen gleich ist, mit der Temperatur nach den nämlichen Gesetzen wachle Elasticität und Dichtigkeit abgerechnet, so ist es der Erung sogar zuwider, mit Parrot [2] einen physischen, cheshen und Bläschen-Dampf anzunehmen.

1. Latente Wärme des Dampfes.

Wenn irgend eine Flüssigkeit bis zum Siedepuncte erhitzt und es wird ihr stets Wärme zugeführt, so bildet sich eine ge Dampf, ohne daſs weder dieser noch die Flüssigkeit eine re Temperatur annehmen, wodurch man berechtigt wird schlieſsen, daſs der gebildete Dampf aus den Theilchen der sigkeit und der zugeführten Wärme besteht, welche leztere t weiter auf das Thermometer wirkt, und daher *latent* gebunden genannt wird [3]. Es entsteht nun die Frage, iel Wärme in dem gebildeten Dampfe latent ist? Der er-, welcher hierauf aufmerksam gemacht wurde, war Dr. ack [4], indem er entdeckte, daſs sehr stark erhitztes Wasser schlossenen Gefäſsen durch das Entweichen einer geringe von Dampf aus einer kleinen Oeffnung sogleich auf Siedepunct herabfiel, eine Beobachtung, welcher Musschenoek [5] nur nahe kam, Black aber brachte sie mit der Lehre latenten Wärmestoffe in Verbindung [6]. Aus der Quantides zur Verdampfung des Wassers verbrauchten Brennmaals berechnete Black die latente Wärme des Dampfes in der ehitze zu 445° C. und veranlaſste den Dr. Irvine zu *Glas*o zu einer ähnlichen Bestimmung aus der Wärme, welche

---

1. Biot Traité I. 284.
2. Entretiens sur la Physique. IV. 264.
3. S. *Wärme, latente.*
4. Aus seinen Lectures on the Elements of Chemistry, art. Steam-e, von Watt bei Robison Mech. Phil. II. 108.
5. Int. II. 586.
6. Robison a. a. O. II. 4.

der Dampf dem Kühlwasser einer Destillirblase mittheilte, wor aus aber nur 480° C. gefunden wurden. Nachher stellte Wat drei Reihen von Versuchen an, 1765, 1781 und 1783, und fan aus dem zweiten die latente im Mittel = 530° C., aus der letz ten aber 560° C., wonach ihm das Resultat der ersten = 666° (als irrig erscheinen mufste [1]. WATT befolgte bei diesen Versu chen diejenigen Methoden, durch welche andere Physiker nach her ähnliche Resultate erhalten haben, und welche in der Haupt sache folgende sind.

Fig. 102. 1. Eine kupferne Retorte A mit einem Hahne a wird m einer gewogenen Quantität Wasser gefüllt, und über der Koh lenpfanne B bis zum Sieden erhitzt, dann die Spitze vermittel eines festschliefsenden Korkes in den Hals b der mit einer ge messenen Quantität Eis gefüllten Vorlage C gesteckt und de Hahn geöffnet, bis eine gewisse Quantität Eis geschmolzen ist worauf man den Hahn wieder schliefst. Die Quantität des ver dampften Wassers aus dem Gewichtsverluste der Dampfkug und der Gewichtsvermehrung der Vorlage bestimmt, dann ab hieraus und aus der Quantität des geschmolzenen Eises die la tente Wärme des Dampfes berechnet. Soll dieser Versuch ge naue Resultate geben, so mufs er bei 0° äufserer Temperatur angestellt, oder die Vorlage mit Eis umgeben werden, damit nicht durch die Einwirkung der von Aufsen eindringenden Wärme eine Quantität Eis schmelze. Nach G. G. SCHMIDT [2] schmelzt der siedend heifse Dampf auf diese Weise 5,4 mal so viel Eis als das siedende Wasser, und seine latente Wärme ist daher 540° C.

2. Statt einer Vorlage mit Eis kann man auch eine Vor lage mit Wasser nehmen, und die latente Wärme aus der Ver mehrung seiner Temperatur nach dem *Richmannschen* Gese

---

1 Watt bei Robison a. a. O. II. 10. Nach URE Dict. of Chemis Art. Caloric erzählte Watt kurz vor seinem Tode, dafs er sich anfan blofser Apotheker-Phiolen bedient, und damit die Ausdehnung de Dampfes = 1728 fach gefunden habe, desgleichen dafs ein Kubikz Dampf sechs Kub. Z. Wasser von der gewöhnlichen Temperatur bis z Siedehitze erwärme.

2 Naturl. I. 294. aus seinen ausführlichen Versuchen bei Gren J. IV. 312.

stimmen. Despretz [1] beschreibt diesen Apparat genau. Man [fü]llt eine gläserne Retorte A B mit einer gewogenen Quantität [Wa]sser, erhitzt sie allmälig, und fängt den Dampf in der Vor[lag]e H K auf, mifst vor und nach der Verdampfung die Tem[pera]tur des Wassers in der Vorlage, und bestimmt aus der Ver[meh]rung die latente Hitze des Dampfes. Nach Parrot [2] soll [auf] diese Weise die latente Wärme des Dampfes = 524° C. ge[fun]den seyn, nach Klaproth und Wolf [3] = 583°. Rumford [wa]ndte zu gleichem Zwecke seinen Calorimeter an [4], liefs den [Dam]pf in das zur Abkühlung bestimmte Rohr aufsteigen, und [fan]d aus zwei Reihen von Versuchen im Mittel [5] die latente [Wä]rme des Dampfes = 567°,195 C. Ure [6] vereinfachte die[sen] Apparat sehr, indem er eine kleine Retorte mit kurzem [Hal]se anwandte, aus dieser eine geringe Quantität der zu unter[su]chenden Flüssigkeit vermittelst einer argandschen Lampe in [ein]e Kugel von dünnem Glase destillirte, welche mit Wasser [um]geben war, und dann aus der dem Wasser mitgetheilten Wär[me] die latente Hitze des Dampfes berechnete. Hauptsächlich [glau]bt er durch die Kleinheit der gebrauchten Gefäfse, die [Sch]nelligkeit der Operation, und auch dadurch genaue Resul[tate] erhalten zu haben, dafs er das Wasser des Gefäfses etwas [kält]er nahm, als die umgebende Luft, und dann dasselbe nur [so wei]t durch die niedergeschlagenen Dämpfe erwärmte, dafs [die ä]ufsere Umgebung das Mittel zwischen der anfänglichen ge[ringer]en und der nachherigen höheren Wärme desselben hielt, [um] hierdurch jeden äufseren Einflufs auszuschliefsen. Auf [dies]e Weise fand er die latente Wärme des Wasserdampfes = 537°,2 C. Etwas zusammengesetzter, aber nicht minder [bra]uchbar ist derjenige Apparat, dessen sich Despretz bedien[te] [7], und mit welchem er seine neuesten Versuche in etwas [grö]fserem Mafsstabe anstellte. Dieser besteht aus einem Gefä-

Fig. 105.

1 Traité élémentaire de Physique. Par. 1825. p. 95.
2 Theor. Phys. II. 54.
3 Chem. Wört. I. 640.
4 Vergl. *Calorimeter.*
5 Biot Traité. IV. 712.
6 Phil. Tr. 1818. II. p. 386.
7 Traité. I. 95.

Fig. 104 ... worin das Wasser zum Sieden gebracht wird, ...ngsrohre E F in die aus dünnem Kupfer ge... S...e C D, welche sich in einem kupfernen Gefäſse v... k... Gewichte befindet, und aus dem Kühlwasser i... letz... Um den directen Einfluſs der Hitze auf das ... zu vermeiden, wird ein Schirm von Holz n m dazwisch... setzt, und die Oeffnung O dient dazu, die vorhandene Lu... weichen zu lassen. Soll hiermit die latente Wärme de... pfes gefunden werden, so versteht sich, daſs alle Theil... Gewichte nach genau bekannt seyn müssen. Sind dann ... T die Masse und Temperatur des Dampfes, M und t des ... wassers mit Einschluſs des Gefäſses, T′ die Temperat... Mischung nach dem Versuche und X die latente Wärm... Einheit des Wasserdampfes, so wird die leztere aus der... chung

$$m\,(T - T') + m\,X = M\,(T' - t)$$

gefunden, nämlich

$$X = \frac{M\,(T' - t) - m\,(T - T')}{m},$$

wobei aber wohl zu berücksichtigen ist, daſs das Kupfe... Schlange und des Kühlgefäſses nach seiner respectiven Wä... capacität auf Wasser reducirt werden muſs. Es war z. ... einem Versuche M = 15956,3 Grammes, das Kupfer des (... ſses 3107,3 Gr., welches nach seiner spec. Wärmecap... = 0,095 auf Wasser reducirt 294,88 Gr. beträgt, so daſs ... M = 16251,18 betrug; m war 204,8 Gr., T = 100°; t= ... und T′ = 29°, 58, woraus X = 530°, 9 gefunden w... Despretz fand aus zwei Reihen von Versuchen 531° und 540 ... als latente Wärme des Dampfes von 100° C. Sonst noch ... kannte Bestimmungen sind von Lavoisier und La Place [1] mittelst ihres Calorimeters zu 555° C., von Gay-Lüssac, ... ment und Desormes [2], nach ihren Versuchen zu 532°, sie ... ben aber diese Gröſse bis 550° erhöhen zu müssen, von ... thern [3] im Mittel aus drei Versuchen zu 530°,2, ode...

1 Ure a. a. O. p. 387.

2 Despretz Traité p. 101. L. J. Thénard Traité de Chimie. 1824. I. 81.

3 Robison Mech. Phil. II, 164.

eglassung des einen, anscheinend ein zu kleines Resultat ge-
nden Versuches, zu 538° C.

Die hier mitgetheilten Resultate weichen in der That weni-
von einander ab, als die Schwierigkeit der Experimente er-
rten läfst. Indem nun insbesondere die von URE und DESPRETZ
undenen Bestimmungen das meiste Zutrauen verdienen, so
nen wir hiernach unbedenklich die latente Wärme des sie-
d heifsen Wasserdampfes in runder Zahl zu 540° C. anneh-
n, d. h. eine gegebene Menge siedendheifser Wasserdampf
rde hinreichen, um 5,4 gleiche Mengen Wasser vom Null-
ncte zur Siedehitze zu bringen, oder würde 540 gleiche Men-
n um 1° C. zu erwärmen vermögen [1].

Ueber die Dämpfe anderer tropfbarer Flüssigkeiten sind
gleich wenigere Versuche vorhanden. Hierhin gehört eine
llgemeine Angabe von GAY-LUSSAC [2], wonach in Gemäfsheit
iner Untersuchungen über die Dämpfe die latente Wärme des
mpfes von *Wasser*, *Alkohol* und *Terpentinspiritus* sich wie
0,435 : 0,226 verhalten soll, welches durch Substitution der
für Wasserdampf angenommenen Bestimmung für Alkohol-
f 235°, 44 und für den Dampf von Terpentinspiritus
,04 C. giebt. Ungleich umfassender, und grofses Zutrauen
nd sind die Bestimmungen von URE [3], welcher durch
den beschriebenen Versuche die latente Wärme der Däm-
 folgenden Flüssigkeiten bestimmte.

Wasser	537°,22
Alkohol (sp. Gew. des Alk. = 0,825) . .	245,56
Schwefeläther (Siedepunct = 44°,44) .	168,00
Terpentinspiritus	98,82
Petroleum	98,82
Salpetersäure (sp. Gew. = 1,494 Siedep. = 73°,89) .	296,66
Flüss. Ammoniak (sp. Gew. 0,978) .	465,15
Essigsäure (sp. Gew. 1,007) . .	486,11

1 Die Bestimmungen von Sharpe und Thomson S. unten.
2 Ann. de Chim. LXXX. 218. Daraus in G. XLV. 333.
3 a. a. O. p. 389.

Auch Despretz untersuchte aufser dem Wasserda
noch die Dämpfe von *Alkohol*, *Schwefeläther* und *Terpenti*
ritus, sämmtlich vollkommen rein, und fand für dieselben

Wasser	531,0
Alkohol	331,9
Schwefeläther . . .	174,5
Terpentinspiritus . .	166,2

welche Gröfsen von denen durch Ure gefundenen bede
abweichen, und da sie sämmtlich um ein Merkliches g
sind, vorzüglich die für Alkohol und Terpentinessenz gef
nen, so könnte man hieraus schliefsen, dafs diese Flüssig
vielleicht Wasser enthielten, wenn nicht ihre Reinheit ausd
lich versichert würde, anstatt dafs Ure zugesteht, der vo
gebrauchte Aether habe etwas Alkohol enthalten, welch
nen Siedepunct statt 37°,78 auf 44°,44 hinaufrückte, u
Alkohol nach seinem spec. Gew. zu schliefsen etwas W
Beide Gelehrte haben auch versucht, ein allgemeines Gese
latenten Wärme der verschiedenen Dampfarten aufzufinde
Allgemeinen ergiebt die Uebersicht der mitgetheilten Be
tungen, dafs die latente Wärme der Dämpfe so viel gering
je dichter sie sind. Aufser den hier genannten Dämpfen
sich dieses auch beim Dampfe von *Schwefelkohlenstoff*, d
Dichtigkeit = 2,644, noch mehr bei *Jod-Dampf* von 8,61
tigkeit, statt dafs Schwefel schwer verdampft, dessen Di
keit aber nach dem Verhalten der schweflichen Säure un
Schwefelwasserstoffsäure zu schliefsen der Einheit nahe g
ist [1]. Ob aber dieses Gesetz strenge richtig sey, kann bei
Unterschiede in den angegebenen Bestimmungen der lat
Wärme vor der Hand nicht ausgemacht werden.

Despretz versuchte ferner, ob man nicht die latente
me der Dämpfe ihren Dichtigkeiten beim Siedepuncte umge
proportional setzen könne. Zu diesem Gesetze stimmen
dings die Dämpfe des Wassers und Terpentinspiritus seh
nau, auch Alkoholdampf giebt eine geringe Abweichung
demselben, eine stärkere der Aetherdampf, wobei zu bem
ist, dafs die hiernach gefundene latente Wärme allezeit die

1 Despretz a. a. O. 99.

rsteigt, welche die Versuche geben, wonach also die durch
PRETZ erhaltenen Gröfsen der Wahrheit noch näher kommen
fsten, als die durch URE, wenn anders die aufgestellte Regel
ler Natur gegründet ist. Letzterer hat dagegen ein anderes
ressantes, aber schwerlich in der Natur begründetes, Gesetz
gefunden, nämlich dafs die latenten Wärmen mit den Dich-
keiten multiplicirt, und die Grade des Siedepunttes addirt,
constante Gröfse geben. Um dieses zu zeigen, vergleicht
lie Dämpfe von Wasser, Schwefeläther und Alkohol. Weil
r der von ihm gebrauchte Aether und Alkohol nicht absolut
waren, so setzt er die Dichtigkeiten ihres Dampfes, des
eren von 4 auf 3,55, des letzteren von 2,6 auf 2,3 herab,
des Wasserdampfes = 1 genommen. Nach Graden des Fah-
heitschen Thermometers giebt dieses Gesetz allerdings sehr
reinstimmende Resultate, nämlich für

Wasserdampf	giebt	$970 \times 1{,}00 + 212° = 1182$
Aetherdampf	—	$302 \times 3{,}55 + 112 = 1184$
Alkoholdampf	—	$440 \times 2{,}30 + 175 = 1185$

der genau ist die Uebereinstimmung nach Centesimalgraden,
lich für

Wasserdampf	giebt	$537{,}2 \times 1{,}00 + 100 = 637{,}2$
Aetherdampf	—	$168{,}0 \times 3{,}55 + 44{,}44 = 630{,}8$
Alkoholdampf	—	$245{,}56 \times 2{,}3 + 79{,}44 = 644{,}2$

rden aber die durch DESPRETZ gefundenen Gröfsen nach
er Formel berechnet, so giebt

Wasserdampf	$531 \times 0{,}623 + 100 = 430{,}81$
Aetherdampf	$174{,}5 \times 2{,}586 + 35{,}5 = 486{,}76$
Alkoholdampf	$331{,}9 \times 1{,}613 + 78{,}7 = 614{,}05$
Terpentinsp.	$166{,}2 \times 5{,}010 + 156{,}8 = 989{,}46$

che Gröfsen so abweichend sind, dafs sich nicht hoffen
, von dieser Formel Gebrauch zu machen, wenn nicht die
e aufgenommenen Gröfsen ganz anders bestimmt werden.
t würde es sehr bequem seyn, nach dieser Formel entwe-
die Dichtigkeiten oder die latente Wärme der Dämpfe zu
chnen.

Eine Frage von grofser Wichtigkeit, sowohl wissenschaft-
als insbesondere hinsichtlich ihres Einflusses auf die Con-
ction der Dampfmaschinen ist diese, *ob die latente Hitze
Dampfes bei allen Temperaturen die nämliche ist.* Haupt-

sächlich veranlafste das Bestreben, bei den Dampfmasch ne gröfsere Wirkung ohne Vermehrung des Brennmate erhalten, zu dieser Untersuchung, welche daher erst neueren Zeiten angestellt, und bis jetzt weder durcl retische Betrachtungen noch durch Versuche zur best Entscheidung geführt ist. Der erste, welcher hierüber che anstellte, war SOUTHERN in Verbindung mit W. CRI Sie liefsen aus einem Stiefel von bekanntem Inhalte stimmte Menge Dampf von ungleicher Temperatur du kupfernes Rohr in eine hölzerne Wanne mit Wasser tret bestimmten die latente Wärme aus der Erhöhung der Te tur des Wassers. Die Elasticität des Dampfes in drei Ve war 40, 80 und 120 engl. Zoll Quecksilberhöhe, und di ten Wärmen wurden = 523,4, 523,4 und 528° C. ge Indem nun der Dampf von der Hitze des siedenden Wa Mittel aus drei Versuchen dieser nämlichen Beobachter 5 gab, so würde hieraus folgen, dafs mit Vernachlässigung d nen Differenzen die latente Wärme des Dampfes in allen raturen gleich sey. Auch DESPRETZ [2] glaubt aus den Ve von CLÉMENT und DESORMES und aus seinen eigenen mit *Aether*, *Alkohol* und *Terpentinspiritus* angestellten fol müssen, dafs die in jeder Art Dampf enthaltene Menge eine beständige Gröfse sey, so dafs also die aus Dan 100° C. und bei 0,^{m}76 erhaltene latente Wärme = 540 Dampf von jedem Drucke und jeder Temperatur die n seyn würde. DESPRETZ gesteht, dafs er die Versuche zı gröfster Sorgfalt angestellt habe, aber dennoch die ur grofsen Schwierigkeiten, welche der Erhaltung völlig Resultate entgegenstehen, nicht alle überwunden zu hab fen dürfe, welches man ihm gern glauben wird, wenn n dieser Sache vertraut ist.

Wie geringe übrigens auch die Zahl der Versucl mag, welche zur Entscheidung dieser wichtigen Frag stellt wurden, so stimmen doch *alle* in dem erhaltenen tate zusammen. THOMSON [3] erwähnt die schon 1813

---

1 Robison Mech. Phil. II. 160 ff.

2 Traité p. 100.

3 Ann. of Phil. N. Ser. III. 302.

achten Versuche eines gewissen John Sharpe, aus welchen t 1. daſs einer gegebenen Menge Wassers durch gleiche el der Erwärmung in gleichen Zeiten gleiche Erhöhungen Temperatur mitgetheilt werden, man mag ausgehen, von chem Puncte der Wärme desselben man wolle, so daſs also Erhitzung desselben von 40° bis 50° F. in der nämlichen erfolgen würde, als von 260° bis 270° F., keinen Dampfust vorausgesetzt, 2. daſs gleiche Gewichte Dampf, von r beliebigen Temperatur eine gleiche Menge Wassers um che Grade erwärmen [1]. Beide Sätze sagen eigentlich das aliche, nämlich die latente Wärme des Dampfes ist bei allen nperaturen eine constante Gröſse, wie schon Clément und ormes, insbesondere Southern und auch Despretz gefunden en [2]. Daſs der letztere scharfsinnige Physiker die Wahrit dieses in der Lehre von den Dämpfen höchst wichtigen tzes, der übereinstimmenden Resultate aller genauen Verche ungeachtet mit Gewissheit auszusprechen noch einiges denken trägt, liegt vielleicht in der Rücksicht auf eine Folung, welche zwar nicht er selbst, wohl aber Wollaston [3] abgeleitet hat. Die Dämpfe haben auſser ihrer latenten noch eine in höheren Temperaturen zunehmende sensi- nämlich diejenige thermometrisch messbare, welche ihbei gröſseren Elasticitäten und Dichtigkeiten eigen ist. zusammengenommen geben diejenige Wärme, wodurch Quantitäten Wasser in den angestellten Versuchen auf Grade erwärmt wurden, nnd die Summe beider ist also gefundene constante Gröſse der den Dämpfen zugehörigen Wärme. Thomson setzt hierfür nach den Versuchen von Sharpe 1196° F. oder 682,2 C. Nehmen wir dagegen die oben fundene Gröſse = 640° C., so ist die Summe der latenten d der sensibelen Wärme bei 0° C. = 640°, bei 100° =) + 100; bei 200° = 440 + 200 u. s. w., mithin ist die nte Wärme der Dämpfe bei 640° C. = 0. Letzteres ist nur

1 Aus Manchester Mem. 1813.

2 Letzterer drückt diesen Satz so aus: Ainsi le nombre 640, obsous la pression 0m, 76 et à 100°, serait encore le même à une on et à une température quelconque.

3 Ann. of Phil. N. Ser. III. 303.

unter der Bedingung möglich, wenn *bei dieser Temperatur die Dämpfe aufhören, die Dampfform zu haben, und blofs stark ausgedehntes Wasser sind.* Um zu finden, ob dieses wirklich sich so verhalte, wie nicht unwahrscheinlich ist, wenn man berücksichtigt, dafs DANIELL die Rothglühhitze bei Tage auf 539° C. setzt, müfste von der einen Seite die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei dieser Temperatur, und auf der andern zugleich die Ausdehnung des Wasser gefunden werden. Dafs die erstere mindestens mit grofser Wahrscheinlichkeit bestimmt werden könne, wird sich aus den folgenden Untersuchungen ergeben [1], wonach die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei 640° C. oder 512° R. = 0,2183 ist, die des Wassers im Maximo seiner Dichtigkeit = 1 gesetzt, und dieses müfste dann die Dichtigkeit des Wassers bei der angegebenen Temperatur seyn. Letztere zu berechnen reicht die für die Ausdehnung des Wassers gegebene Formel [2] deswegen nicht aus, weil dann die aus den Beobachtungen unbestimmbaren höheren Potenzen von t fehlen, welche für so hohe Temperaturen nicht fehlen dürfen. Hierzu kommt aufserdem, dafs mit diesen Temperaturen der Druck der Dämpfe stets wächst und namentlich für die angegebene von 640° C. nach den nachfolgenden Bestimmungen schon 882 Atmosphären betragen würde. Nehmen wir indefs einmal an, dafs die Dichtigkeit des Wassers so abnimmt, dafs die dritten Differenzen constant werden, so finde ich die Dichtigkeit des Wassers unter dieser allerdings sehr hypothetischen Voraussetzung bei 640° C. = 0,2579039, welches jener Gröfse allerdings so nahe kommt, als bei solchen unsicheren Elementen zu erwarten ist, um so mehr wenn man berücksichtigt, dafs alle Ausdehnungen mit den Temperaturen wachsend zunehmen, die bei der Berechnung gebrauchten Gröfsen aber blofs aus den Messungen von 4°,4 bis 100° C. entnommen sind. Es hat also also allerdings vieles für sich, anzunehmen, dafs Wasser bis 640° C. unter dem erforderlichen Drucke erhitzt, genau diejenige Dichtigkeit erhält, als die Wasserdämpfe bei dieser nämlichen Temperatur haben würden, und dafs über diesen Hitzegrad hinaus eigentlich keinen Wasserdampf

---

1 S. *Dichtigkeit des Wasserdampfes.*

2 Th. I. p. 615.

mehr giebt. Aus dem oben aufgestellten Satze folgt übrigens ferner, dafs bei — 640° C. der absolute Nullpunct liegen mufs, denn bei dieser Temperatur ist die absolute Wärme des Wasserdampfes = 640° latente und — 640° sensibele, mithin = 0. Obgleich gegen diese Bestimmung im Allgemeinen vieles eingewandt werden kann [1], so ist dieselbe doch bei den Untersuchungen über das Verhalten der Dämpfe von Wichtigkeit, indem sie eben hieraus entnommen ist.

Ehe wir indefs den wichtigen Satz, nämlich dafs die Wärme gleicher Quantitäten von Wasserdampf, wie auch die Dichtigkeit desselben seyn mag, zum allgemein gültigen Satze erheben, müssen wir zuvor diejenigen Argumente prüfen, welche ein um die Dampflehre sehr verdienter deutscher Physiker gegen denselben vorgebracht hat. G. G. Schmidt erklärt sich gegen denselben, und zwar aus folgenden drei Gründen [2]:

1. *Es läfst sich eine Temperatur und ein Druck des Dampfes denken, wobei der letztere die Dichtigkeit des Wassers erlangt, und daher unmöglich eine gleiche Wärmecapacität haben kann, als im lockeren* (gasförmigen) *Zustande.* — Dieses Argument ist innerhalb der gehörigen Grenzen durchaus entscheidend. Nothwendig mufs die stets wachsende Dichtigkeit der Dämpfe zuletzt derjenigen des Wassers selbst gleich kommen, und über diese Grenze hinaus kann unmöglich noch das für den Dampf aufgefundene Gesetz gültig seyn. Allein es nöthigt uns nichts, die Gültigkeit desselben bis an diese Grenze anzuerkennen, um so mehr, wenn wir berücksichtigen, dafs die stets neben einander in den Dämpfen vorhandenen, die latente und sensibele Wärme eine constante Gröfse bilden. Ist die erstere = 0, so wird keine Dampfbildung mehr stattfinden, vielmehr alle hinzukommende Wärme sensibel seyn, und zur Ausdehnung des Wassers, worein der Dampf dann verwandelt ist, verwandt werden. Dafs dieser Punct bei 640° oder 650° C. eintreten müsse, folgt aus den vorstehenden Betrachtungen. Dabei ist dann nicht zu übersehen, dafs bei hinlänglich starken Wandungen der Gefäfse die Elasticität des Dampfes durch fort-

1 Vergl. *Wärme.*
2 G. LXXV. 343.

während erhöhete Wärme stets wachsen kann, jedo
einem andern Gesetze, das Wasser aber, worein de
dann übergegangen wäre, von der einen Seite zwar d
vermehrte Wärme stets mehr ausgedehnt, durch den gl
wachsenden Druck aber bei etwa aufs Neue hinzukon
Mengen stets mehr verdichtet werden muſs. Inzwisch
im Allgemeinen gewagt, aus Versuchen, welche verl
mäſsig nur in enge Grenzen eingeschlossen sind, al
Gesetze zu entwickeln, ohne daſs jedoch diese Rück
Gültigkeit des Argumentes im Allgemeinen aufheben ka

2. *Die Kälte, welche das Verdampfen des Wa luftleeren Raume hervorbringt, ist auſserordentlich gr zum Theil wenigstens eine Folge des gebildeten sehr Dampfes. Die Dichtigkeit des letzteren steigt nach d peraturen unter andern von* $\frac{1}{50160}$ *bis* $\frac{1}{61}$ *der Dichti Wassers und noch weiter zu beiden Seiten. Sollte der in diesen beiden Zuständen gleiche Wärmecapacität ha*
Dieses Argument, obgleich sehr scheinbar, läſst sich g
widerlegen. Indem nämlich der siedendheiſse Dampf
so viel Wasser, als er selbst beträgt, um 100° C. zu er
vermag, so muſs auch bei gleichen Wärmecapacitäten
t Graden über 0° gebildete $5,4 + \frac{t}{100}$, also bei 0° se
mal so viel Wasser, als seine Masse beträgt, um 100° C
wärmen, mithin auch durch seine Bildung eine gleich
um 100° C. oder 100 mal so viel um 1° C. zu erkälten
gen. Hieraus läſst sich der bekannte Leslie'sche Vers
lerdings erklären, indeſs will ich nicht in Abrede stelle
mir bei der Anstellung desselben die Quantität des verd
Wassers allezeit geringer geschienen hat, als hierau
würde, und verdient das aufgestellte Gesetz auf diese
weiter geprüft zu werden.

3. *Die beobachtete schnelle Erkaltung des Wasserd welcher in höherer Temperatur gebildet frei wird, füh auf.* — Daſs Wasserdampf, bei welcher Temperatur er
wurde, beim Entweichen sogleich auf den Siedepunct
sinkt, entscheidet sehr für den Satz, daſs die latente Wä
Dampfes von jeder Elasticität eine constante Gröſse se
Gründen, welche weiter unten ausführlich erörtert we

Theoretische Untersuchungen über Dichtigkeit, Elasticität
specifische Wärme der Gasarten überhaupt und auch der
pfe hat La Place [1] angestellt, und mit Benutzung ähnlicher
r von diesem aufgestellten Formeln ausführlicher Pois-
[2]. Aus beiden folgt, daſs die Quantität der Wärme in den
pfen von jeder Temperatur und Elasticität bei gleichen
gleich ist. Um hierbei das Verhältniſs der latenten
sensibelen Wärme genauer einzusehen, müſste man die
he also auf folgende Weise betrachten. Wäre ein gegebener
mit gesättigtem Wasserdampfe von der Temperatur t an-
, und dieser Raum würde ohne Verlust von Dampf und
e bis zur Hälfte vermindert, so müſste die Elasticität des
pfes zum Doppelten vermehrt, und dabei durch Compres-
so viele sensibele Wärme frei werden, als erforderlich ist,
die Temperatur des zur doppelten Dichtigkeit gebrachten
pfes zur Temperatur = t′ zu erheben, welche dem dichte-
Dampfe zugehört, und seine stärkere Elasticität bedingt.
dagegen der Dampf in den doppelten Raum ausgedehnt,
üſste hierdurch so viel Wärme gebunden werden, daſs
Temperatur diejenige bliebe, welche seiner dann noch
nden Elasticität zugehört [3]. Es fragt sich nun, in
Verhältniſs die Dichtigkeiten, Elasticitäten und Tem-
n des Dampfes zunehmen. Entlehnen wir zuerst aus
chfolgenden ausführlichen Untersuchungen hierüber [4]
nder zugehörigen Gröſsen, so erhalten wir folgende:

	Dichtigkeiten	Elasticitäten nach Atmosph.
00	1	1,000
70	2	2,131
78	4	4,559

Méc. Cél. Lib. XII. p. 139.

Ann. C. P. XXIII. 337. Vergl. *Gas.*

Diesen von Dalton aufgestellten Satz erläutert Marestier Mé-
sur les bateaux à vapeur des États-unis d'Amerique. Par. 1824.
221. Vergl. Christian Traité de Mécanique industrielle. Par. 1822
. III. Vol. 4. II. 201.

S. die folgenden Abschitte über *Elasticität* und über *Dichtig-*
es Wasserdampfes.

t nach R.	Dichtigkeiten	Elastici nach At
147,41	8	9,
180,10	16	21,
221,15	32	46,
274,31	64	106,
345,86	128	244,
447,22	256	597,
601,41	512	1429,
867,73	1024	3800,

Die Temperaturdifferenzen, welche hiernach d stets verdoppelnden Dichtigkeiten zugehören, sind hier Graden der achtzigtheiligen Scale folgende:

t.	$\Delta^1 t$	$\Delta^2 t$	$\Delta^3 t$	Δ
80,00				
	18,70			
98,70		3,38		
	22,08		1,17	
120,78		4,55		
	26,63		1,51	
147,41		6,06		
	32,69		2,30	
180,10		8,36		
	41,05		3,75	
221,15		12,11		
	53,16		6,28	
274,31		18,39		
	71,55		11,42	
345,86		29,81		1
	101,36		23,02	
447,22		52,83		3
	154,19		59,30	
601,41		112,13		
	266,32			
867,73				

Vergleichen wir auf gleiche Weise die Reihe der El täten, so erhalten wir folgende Differenzen:

E.	$\Delta^1 e$	$\Delta^2 e$	$\Delta^3 e$	Δ
1,000				
	1,131			
2,131		1,297		
	2,428		1,562	
4,559		2,859		
	5,287		3,486	
9,846		6,345		
	11,632		7,161	
21,478		13,506		
	25,138		21,454	
46,616		34,960		
	60,098		42,524	
106,714		77,484		
	137,582		139,548	
244,296		216,032		1
	353,614		261,961	
597,910		477,993		17
	831,607		1061,479	
1429,517		1539,472		
	2371,079			
3800,596				

Wenn wir einstweilen voraussetzen, dafs die Elasticitäten
l Dichtigkeiten des Wasserdampfes in der vorstehenden ta-
lrischen Uebersicht richtig angegeben sind, so sehen wir,
s beide zwar nach einem ähnlichen Gesetze wachsen, als
Temperaturen, aber keineswegs genau nach dem nämlichen.
ristian [1] stellt ferner den Satz auf, dafs die Temperatur
22° C. = 17,6 R. wachsen müsse, wenn die Elasticität des
mpfes um eine Atmosphäre vermehrt und seine Dichtigkeit
doppelt werden solle. In geringer Ausdehnung ist diese Be-
ptung allerdings nahe richtig, allein sie kann keineswegs
allgemein gültig angesehen werden, wie folgende Zusam-
nstellung ergiebt:

t	Δt	e	t	Δt	e
80		1,000	135	5	6,9981
97	17	1,9987	140	5	8,0579
109	12	3,0870	144	4	8,9890
117	8	4,0375	148	4	9,9996
124	7	5,0426	152	4	11,0940
130	6	6,0484	155	3	11,9710

Versuche von Southern [2] stimmen gleichfalls keineswegs
dieser Behauptung Christian's überein, sondern mit der
henden Tabelle, wonach die Erhöhung der Temperaturen
gleiche Vermehrungen der Elasticitäten stets abnimmt.
ihm gehören nämlich zu den Temperaturen = 229°, 270°,
F., deren Differenzen = 41°, 25° sind, die Elasticitäten
0 Z., 80 Z. und 120 Z. engl. der Quecksilberhöhen.

Diese Untersuchungen dienen als Vorbereitung zu einer an-
n, nämlich über die Wärmemenge, welche sensibel werden
ls, wenn Dampf von einem gegebenen Volumen in ein ge-
eres mit wachsender Dichtigkeit und ohne Ausscheidung
s Antheils desselben in tropfbar flüssiger Gestalt zusammen-
rückt wird. Liefsen sich die in der obigen Tabelle enthal-
n Gröfsen als völlig genau ansehen, so würden sie aller-
s hinreichen, einen allgemeinen Ausdruck hierfür aufzufin-
, wenn es sich anders der Mühe lohnte. Allein für die

1 a. a. O.
2 Robison Mech. Phil. II. 160.

praktische Anwendung würde dieses unnütz seyn, inde
einer wirklichen Compression eine Quantität Wärme dur
Wände des Gefäfses entzogen werden müfste, bei der Au
nung in einen gröfseren Raum aber, wie dieses bei den
nannten Expansionsmaschinen [1] wirklich vorkommt, i
Hitze der Wandungen allezeit gröfser, als die des expan
Dampfes. Theoretisch geht soviel hervor, dafs bei der
pression zu einem gleichen Vielfachen der gegebenen Dich
so viel mehr Wärme frei wird, je dünner der Dampf ist,
ches mit der oben aufgestellten Ansicht von der Nat
Dämpfe vollkommen übereinstimmt. POISSON [2] giebt ein
mel, vermittelst welcher bei Gasarten (und auch bei Dä
die durch Compression freiwerdende Wärme gefunden v
kann, nämlich:

$$t' = (266°,67 + t)\left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{k-1} - 266°,67$$

worin t' und t die höheren und niederen Temperature
und vor der Compression, ϱ' und ϱ die gröfsere und ger
Dichtigkeit, k den Coefficienten der Ausdehnung der Ga
durch Wärme, nämlich 1,375 bedeutet, 267°,67 aber
LA PLACE die Wärme des Raumes bezeichnet. Dafs diese
mel unzureichend sey, fällt in die Augen, indem sie a
Dichtigkeit, wovon man ausgeht, nicht Rücksicht nimmt,
che doch auf allen Fall von bedeutendem Einflusse ist, g
auch, dafs die in der oben gegebenen Tabelle enthaltenen
fsen nicht absolut richtig seyn sollten. Sucht man inde
Beispiels wegen die durch eine Compression bis zum Dopp
der Dichtigkeit frei werdende Wärme, so erhält ma
$\varrho' = 2\varrho$

$$t' - t = 79°,16 + 0,2968\ t$$

welches für $t = 100°$ C. gesetzt $t' = 208,68$ C. geben würd
mit demjenigen, was über das Verhalten der Dämpfe unbes
bar bekannt ist, durchaus nicht übereinstimmendes Res
Ueberhaupt sieht man bald, dafs diese Formel nur für seh
dere Temperaturen mit der Erfahrung übereinkommende R

1 S. *Dampfmaschine.*
2 a. a. O. Vergl. *Gas.*

m kann, für mittlere und höhere Temperaturen aber
ibar ist. Indefs wird nach La Place und Poisson mit
rausgesetzt, dafs keine Entweichung der Wärme durch
le der Gefäfse statt finde, zugleich aber bringen beide
ae des Raumes in Rechnung, deren Daseyn noch kei-
erwiesen ist. Poisson berechnet selbst aus seiner For-
s eine Compression der Luft (womit übrigens die Däm-
esem ihren Verhalten gleichartig seyn sollen) bis zum
en der Dichtigkeit 221° C. Wärme ausgeschieden wer-
ches zum Zünden des Zündschwammes für hinreichend
wird. Allein weder dieses Leztere dürfte ohne Wei-
wahr anzusehen seyn, noch auch stimmt das Ganze
Erfahrung überein, wonach durch eine fünffache Ver-
gewifs kein Entzünden erfolgt. Genaue Versuche hier-
ızen nahe an die Unmöglichkeit, und daher geben auch
gen vorhandenen so ungenügende und wenig unter sich
immende Resultate. Robison[1] erzählt, dafs er sie-
en Wasserdampf sich in den fünffachen Raum habe
n lassen, wobei nach einem empfindlichen Luftther-
die Temperatur vier bis fünfmal so tief herabging, als
ft bei der nämlichen Temperatur eben so weit ausge-
rde. Berechnen wir dieses Resultat nach den bekann-
igkeiten und den ihnen zugehörigen Temperaturen, so
ur Dichtigkeit des Dampfes bei der Siedehitze 80° R.
ner fünfmal geringeren etwas über 46, der Unterschied
so 34° R. welche sonach bei fünffacher Verdünnung
rden müfsten. Soll nun die Verminderung der Tem-
ei der Verdünnung der Luft im Mittel 4,5 mal gerin-
so gehören dieser nur 7°,56 R. zu, mithin einer bis
pelten Volumen 3°,024 R., und eben so viel müfste
der Verdichtung frei werden. Sehr verschieden hier-
as Resultat eines Versuches, welcher Southern[2] an-
nd welches seiner Meinung nach für genau gelten darf.
ehnung der Luft in einen im Verhältnifs von 2 : 3 grö-
um gab eine Temperaturverminderung von 19° bis 20° F.,

---

[1] ech. Phil. II. 20.
[2] a. O. p. 166.

welches für das Verhältniſs von 1 : 2 eine Verminderu
26°,66 F. oder 11°,85 R. giebt. Wird siedendheiſser V
dampf bis zur Hälfte verdünnt, so gehören dieser Dicl
64° R. zu, mithin müssen 16° R. latent werden, nähn
aber, um genau bei SOUTHERN's Versuche zu bleiben,
die Ausdehnung der Luft bei mittlerer Temperatur im V
niſs von 2:3 eine Wärmeverminderung von 19°,5 F =
R. beträgt, Dampf gleichfalls von mittlerer Temperatur, a
15° R., und verdünnte diesen im Verhältniſs von 2:3, s
de man solchen erhalten, dessen Dichtigkeit zu 10° R.
und es würden also nur 5° R. gebunden werden. Au
vielfachen Vergleichung folgt augenfällig, daſs zur Auf
bestimmter Gesetze hierüber noch keineswegs genügend
sachen vorhanden sind.

Mit dieser Untersuchung zusammenhängend ist ei
dere, nämlich die Erzeugung von kalten, wenigstens nic
ſsen, Wassertröpfchen aus frei aufsteigendem Dampfe vo
Elasticität. Diese Erscheinung erfolgt nur dann, wenn e
fäſs mit Wasserdampf von hohem Drucke plötzlich g
wird, und ein Theil Dampf entweicht, aus dessen Verdi
oder vielmehr weit wahrscheinlicher, aus den mechanis
fortgerissenen Wasserpartikelchen die demnächst herabfal
Tröpfchen dann gebildet werden, welche auf der Haut d
pfindung von Kälte erregen. PERKINS giebt an, dieses P
men bei seiner Dampfmaschine beobachtet zu haben, und
BERT [1] zieht die Thatsache in Zweifel, allein ich selbst h
oftmals bei Versuchen mit dem Papinischen Digestor be
gefunden, wenn der sehr elastische Dampf das Ventil auf
und mit groſsem Geräusche entwich [2]. Die Erklärung de
nomens liegt übrigens sehr nahe. Sind nämlich die herab
den kleinen Wassertröpfchen mechanisch fortgerissenes W
so ist in diesem der Proceſs der Dampfbildung eingeleite
muſs um so viel sicherer eintreten, je mehr der plötzlic

1 Ann. LXXV. 124. Der Ausdruck Perkins's, daſs der Da
hohem Drucke selbst die Empfindung von Kälte erzeuge, ist wo
ganz richtig, indem diese vielmehr durch die zugleich herabfa
Wassertröpfchen hervorgebracht wird.

2 Vergl. G. G. Schmidt bei G. LXV. 343.

inderte Druck ihn erleichtert. Wird aber nur eine geringe
uantität Dampf, und noch dazu sehr dünner, hiervon gebil-
et, so reicht die erforderliche latente Wärme desselben hin,
m den Rest des Wassers bis zu einer bedeutend niedrigen Tem-
eratur abzukühlen. Entständen die Wassertröpfchen aus con-
nsirtem Dampfe, so müfste man annehmen, dafs zuerst die
nsibele Wärme des Dampfes von hoher Pressung durch die Ex-
insion desselben gebunden würde, dann aber die aus dem zu
'asser condensirten Dampfe entbundene latente Wärme sich
rstreue, und zum Theil durch den während des Fallens und
berhaupt während der Bewegung der Tröpfchen gebildeten
ampf gebunden werde. Der hierbei gebildete Dampf nämlich
ufs eine der Temperatur der umgebenden Luft proportionale
ichtigkeit erhalten, mithin stark ausgedehnt werden, und kann
mach auf keine Weise wärmer als die umgebende Luft seyn.
us gleicher Ursache wird ein Theil des aus einem Gefäfse mit
edendem Wasser aufsteigenden Dampfes bei seiner Berührung
er äufseren Luft in Dunst verwandelt, und schwebt als solcher
er der Oberfläche des Wassers [1], auch steigt ein Thermome-
r, dessen Kugel man längere Zeit in den Dampfstrom aus der
ündung einer Dampfkugel hält, nicht auf den Siedepunct, ob-
eich der Dampf unmittelbar bei seinem Austritte aus jener
ündung noch über diesen Punct erhitzt seyn mufs, und stets
ne Menge condensirtes Wasser von der Thermometerkugel
abtröpfelt, wobei indefs der entstehende Luftstrom, als Folge
er schnellen Bewegung des Dampfes, zugleich berücksichtigt
werden mufs. Dafs Dampf von hohem Drucke, wenn er frei
wird und gegen ein Thermometer strömt, nie über den Siede-
unct heifs seyn könne, wie G. G. Schmidt beobachtet hat [2],
dafs auch dieser das Thermometer nicht bis zur Siedehitze
eigen machen kann, folgt gleichfalls aus dem Gesagten von
lbst.

Uebrigens scheint die Erscheinung, dafs ein Theil des Dam-
es, von welcher Temperatur er seyn mag, beim Entweichen
die freie Luft niedergeschlagen und als Dunst sichtbar wird,
ür zu entscheiden, dafs die gesammte Wärme im Dampfe von

---

1 Vergl. *Dunst.*
2 G. LXXVI. 350.

niederer Temperatur oder von geringerer Elasticität gröſ
als in dichterem von gröſserer Elasticität, worauf sich d
erwähnte, von G. G. Schmidt aufgestellte dritte Argumen
det. Wäre nämlich die Wärme im Dampfe von jeder Te
tur und Dichtigkeit eine constante Gröſse, so müſste die
bele Wärme des dichteren Dampfes in dem dünneren later
den, und hierdurch gerade hinreichen, um denselben bis
erforderlichen Grade zu expandiren. Insofern aber Du
bildet wird, scheint die vorhandene sensibele Wärme
nicht hinreichend zu seyn. Genau genommen entscheid
diese Erfahrung dennoch gleichfalls für den Satz, daſs di
me des Dampfes bei jeder Temperatur eine constante Grö
Würde nämlich zur gröſseren Expansion des frei entweic
Dampfes noch Wärme erfordert, so müſste in der Näh
Processes eine allmälig höchst empfindliche Kälte ent
welches nicht der Fall ist; vielmehr wird aller Dunst, w
auch die Temperatur des Dampfes war, woraus er gebilde
de, und wie niedrig die Temperatur der Umgebung ist,
er entweicht, stets wieder expandirt, ohne eine ander
mequelle, als diejenige, welche durch die sensibele Wär
Dampfes selbst gegeben ist. Der partielle Niederschlag o
Bildung des Dunstes muſs diesemnach daraus erklärt w
daſs wegen des Widerstandes der Luft gegen die Ausbr
des Dampfes und ihrer schon vorhandenen Uebersättigun
Dampf der neu hinzukommende nicht augenblicklich exp
und die sensibele Wärme nicht sofort latent werden kann.
daher irgend ein Körper jene entzieht, ehe sie latent w
kann, so wird der Dampf tropfbar flüssig niedergeschlage

Vielleicht führen diese Betrachtungen zur Beantw
einer der schwierigsten Fragen, welche in Beziehung a
Benutzung der Wasserdämpfe als erste Beweger der bek
wichtigen Dampfmaschinen aufgestellt sind, und welche
hier, vor der Beschreibung und Erläuterung derselben
Untersuchung kommen kann, nämlich *ob zur Hervorbri
einer gleichen Kraft Dämpfe von höherer Elasticität mi
ſserem Vortheil rücksichtlich des erforderlichen Aufwand
Brennmaterial angewandt werden, oder nicht.* Die Ans
der Physiker über diesen Gegenstand waren allezeit seh
schieden und einander widersprechend, wobei sie ent

ihre Meinungen äufserten, oder zugleich die Gründe anga- worauf dieselben sich stützten, ohne dafs die Sache bis zur endlichen Entscheidung gebracht ist; die vorhandenen ırungen aber sind im Allgemeinen noch zu unvollständig, unterliegen dem eigenen Schicksale, dafs sie von einigen ·ollgültig und beweisend angesehen werden, während an- sie als durchaus ungültig und vielmehr das Gegentheil dar- ıd betrachten. Es ist daher gewifs nicht unzweckmäfsig, ɔeiden, sowohl den theoretischen Betrachtungen, als auch Erfahrungen die wesentlichsten namhaft zu machen.

Nicht unbedeutend ist der seit langer Zeit in England herr- ıde Glaube, dafs die Maschinen mit hohem Drucke hinsicht- des geringeren Erfordernisses von Feuermaterial vortheil- benutzt würden, wie namentlich THOMSON[1], MILLINGTON[2], ᴊʀᴛ[3] u. a. behaupten, und weswegen auch die Nordameri- ɪr vorzugsweise oder vielmehr mit blofs ein oder zwei Aus- nen[4] solche Maschinen auf ihren Dampfschiffen anwenden, ː dafs jedoch nach STUART bis jetzt noch genügende Versu- im Grofsen zur Entscheidung dieser Frage angestellt sind.

Ganz neuerdings ist indefs dieser Gegenstand vorzüglich ler zur Untersuchung gekommen bei Gelegenheit der durch ĸɪɴs angegebenen Dampfmaschinen, welche der Ankündi- ıg im Patentgesuche nach nur den zehnten Theil des Brenn- terials der Maschinen mit niedrigem Drucke erfordern sollte. ım aber war diese neue Erfindung bekannt geworden, als ı überall Stimmen erhoben, welche zum Theil mit Leiden- ıft für und wider diese Maschine im Allgemeinen, oder ge- die versprochene grofse Ersparung an Brennmaterial im Be- leren entschieden. Blofs diese letztere kommt hier in Be- htung, indem PERKINS Dampf von einem bis 35 Atmosphären ;enden Drucke anwenden will, und zugleich behauptet, dafs

---

1 Ann. of Phil. New. Ser. III. 394. Er beruft sich dabei auf die hrungen bei den Dampfmaschinen in Cornwallis, obgleich die ange- ːnen theoretischen Gründe unzulässig sind.

2 Grundrifs der theoretischen und Experimentalphysik. d. Ueb. m. 1825. 8. I. 384.

3 A descriptive History of the Steam-Engine. Lond. 1824. 8. a.).

4 Stuart a. a. O. p. 167.

hierin ein Hauptgrund der Ersparung von Brennmateri
Ist dieses wirklich der Fall, so muſs der heiſsere Dan
hältniſsmäſsig weniger Wärme zu seiner Bildung erforde
lich auch weniger latente besitzen, als der kältere. A
men nämlich es würde Dampf von der Dichtigkeit eine
sphäre angewandt, um einen Embolus von der Fläche ei
dratfuſses durch einen Raum = 1 zu bewegen, und
die hierzu erforderliche Menge desselben = 1, man
aber statt dessen Dampf von der Elasticität zweier Atmo
an, so würde bei gleicher Fläche des Embolus und
Erhebung desselben zwar die doppelte Wirkung erhalt
den, zugleich aber auch die doppelte Menge des in Da
doppelter Dichtigkeit verwandelten Wassers, mithin a
doppelte Aufwand von Brennmaterial erforderlich seyn
die latente Wärme des Dampfes von jedem Drucke eine c
te Gröſse, und der Elasticität und Dichtigkeit direct pr
nal ist. Ohne auf eine detaillirte Entscheidung dies
einzugehen erklärte unter andern BREWSTER [1], die E
entscheide bestimmt für die von PERKINS angewandten
höherer Temperatur. Auſser vielen, auf gleiche Weise d
cip der Perkins'schen Dampfmaschine verwerfenden od
senden Aeuſserungen [2] sind mir keine genauen Untersu
des Gegenstandes bekannt geworden.

POISSON's oben erwähnte Formeln enthalten auch
Bestimmung der Wärme, welche für Dampf von versc
Elasticität erforderlich ist, nämlich

$$V = \frac{h\,v}{0^{m},76} \cdot \frac{187^{gr.}\,33}{266{,}67 + t}\,Q.$$

worin V die erforderliche Wärme, h die Elasticität nach
silberhöhen gemessen, v das Volumen bezeichnet, ein
Decimeter als Einheit angenommen, Q aber die zur V
lung des Wassers in Dampf erforderliche latente Wärme,
für alle Temperaturen derjenigen nahe gleich ist, wodu
Wasser von 0° in Dampf von 100° Temperatur ver

1 Edinb. Journ. of Sc. N. I. 146.

2 Vergl. Fresnel in Ferrussac Bulletin, Sc. Math. 18
p. 59.

wird, oder 650° C. nach Poisson [1]. Hiernach stände also V im umgekehrten Verhältnisse von 266,67 + t, woraus folgt, dafs die zur Erzeugung des Dampfes von höherer Spannung erforderliche Wärme nicht gleichmäfsig mit den Elasticitäten zunimmt, und also aus der Anwendung des heifseren Dampfes ein Vortheil rücksichtlich des Aufwandes von Brennmaterial erwächst. Dafs aber diese aus theoretischen Sätzen gefolgerten Formeln keine mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate geben, ist oben an einem Falle, nämlich der Berechnung der durch Compression frei werdenden Wärme schon gezeigt, und wird sich unten noch weiter ergeben, auch gesteht Poisson selbst ein, dafs der Vortheil, welchen hiernach die Maschinen mit höherem Drucke geben müfsten, bedeutend von demjenigen abweiche, was bisher durch Erfahrung gefunden ist. Indefs führen die Versuche, welche Christian [2] anstellte, um auszumitteln, ob die Anwendung des Dampfes von gröfserer Elasticität vortheilhaft sey, ganz entschieden zu dem Resultate, dafs der Nutzeffect der Dampfmaschinen mit der Spannung des Dampfes wächst, und eben dieses folgt aus den Berechnungen, welche C. Bernoulli [3] in Gemäfsheit der bisherigen Erfahrungen mitgetheilt hat.

Marestier, welcher sich ganz neuerdings mit diesem Gegenstande beschäftigt hat [4], erörtert denselben auf eine für die Dampfmaschinenlehre im Allgemeinen und die Anwendung der genannten Expansionsmaschinen [5] sehr entscheidende Weise. Er geht hierbei von einem durch Dalton aufgefundenen Grundsatze aus, dafs die Menge des Wassers, welche während einer gegebenen Zeit verdampft, mit der Temperatur wächst, und der Elasticität des Dampfes bei der ihn erzeugenden Tempera-

1 Diese Bestimmung ist nach Clément und Desormes. Oben ist statt dessen 640° C. angenommen, und nachgewiesen, dafs gleiche Quantitäten Dampf von verschiedenster Elasticität gleiche Wärmemengen enthalten.

2 Mécan. Ind. II. 345.

3 Anfangsgründe der Dampfmaschinenlehre. Basel 1824. 8. p. [illegible].

4 Mémoire sur les bateaux à vapeur des États unis d'Amerique. [illegible]. 1825. 4. p. 221.

5 S. *Dampfmaschinen*.

tur proportional ist. Der erste Theil dieses Satzes ist wohl ohne Zweifel richtig; der zweite aber könnte zu der Folgerung führen, daſs man bloſs nöthig habe, das Wasser erst bis zu einer sehr hohen Temperatur zu erhitzen, und daſs es dann gleich viel sey, ob man ein gleiches Volumen Dampf von hoher oder niederer Temperatur erzeuge, eine Folgerung, welche mit dem aus den angegebenen Erfahrungen entnommenen Grundsatze im Widerspruche steht, wonach die latente Wärme des Dampfes von jeder Elasticität eine constante oder minde-stens nahe constante Gröſse ist, und wonach also namentli[illegible] ein gleiches Volumen Dampf von zehnfacher Dichtigkeit au[illegible] zehnmal mehr absolute Wärme enthalten muſs, als von ei[illegible] facher. Indeſs hat MARESTIER diesen Satz nicht so genomm[illegible] sondern er sagt: *zugegeben daſs der Verbrauch von Brennm[illegible] terial zehnfach wäre, so würde doch der Dampf dann n[illegible] eine zehnfache Spannung haben, und kann sich also* (in B[illegible] ziehung auf die Expansionsmaschinen) *in einen zehnfach[illegible] Raum ausdehnen, bis er die Elasticität einer Atmosph[illegible] annimmt, welche Kraft eben bei den Expansionsmaschinen [illegible] Vortheil benutzt werden kann.* Indeſs kommt insbesond[illegible] noch Folgendes in Betrachtung, was MARESTIER's Scharfs[illegible] nicht übersehen hat. Die den Dampfkessel berührende he[illegible] Luft streicht auf allen Fall schnell unter demselben hin, [illegible] kommt gleich heiſs aus dem Schornsteine, es werde Da[illegible] von niederer oder hoher Temperatur gebildet. Gesetzt sie th[illegible] te dem kälteren Wasser in gleichen Zeiten auch mehr Wä[illegible] mit, als dem heiſseren, welches indeſs noch keineswegs erw[illegible] sen ist, so findet doch immer eine groſse Differenz zwisch[illegible] der weiſsglühenden Luft (Flamme) und dem Wasser im Ke[illegible] sel auch dann statt, wenn aus letzterem Dämpfe von sehr ho[illegible] hem Drucke erzeugt werden, wobei wegen der Schnellig[illegible] des Hinströmens dieser heiſsen Luft um so viel mehr Wä[illegible] verloren wird, je gröſser die Differenz ihrer Hitze beim E[illegible] weichen in den Schornstein und des Wassers im Kessel i[illegible]

---

1 Wenn MARESTIER a. a. O. sagt, eine gewisse Quantität D[illegible] bedürfe stets eine gleiche Menge Wasser zur Condensation, er m[illegible] vor gröſserer oder geringerer Elasticität seyn; desgleichen: es se[illegible] seiner Bildung nur so viel Wärme erforderlich, als er selbst dem C[illegible]

Dabei fragt es sich, ob nicht vielleicht PERKINS's Maschine eine Expansionsmaschine von hohem Drucke ist, in welcher der Dampf von seiner anfänglichen Temperatur bloſs so weit herabgeht, als derjenigen Elasticität proportional ist, bis zu welcher er expandirt wird, wonach also die ganze ihm mitgetheilte Elasticität benutzt würde, ohne denjenigen Wärmeverlust, welcher mit der gewöhnlichen Condensation nothwendig verbunden ist.

Vorzugsweise hat man sich auch in Deutschland mit der Ergründung dieses Gegenstandes beschäftigt, und eine Uebereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung aufzufinden, oder die letztere als unrichtig zu widerlegen gesucht. Gleich anfangs äuſserte sich GILBERT [1] gegen die von PERKINS und seinen Anhängern aufgestellten Behauptungen als mit Theorie und anderweitigen Erfahrungen im Widerspruche stehend. Hiergegen zeigte G. G. SCHMIDT [2], daſs die Angaben von PERKINS allerdings mit der Theorie übereinstimmen, wenn man zur Prüfung derselben die von ihm aufgestellten Formeln anwende, welche unten näher angegeben werden sollen. Ferner folgt aus der auf den Nutzeffect und die verbrauchte Quantität des Wasserdampfes gestützte Berechnung desselben, daſs der Verbrauch von Brennmaterial bei PERKINS's und WATT's Maschinen für gleiche Effecte im Verhältniſs von 2 : 3 steht, wobei aber fraglich bleibt, ob die bei beiden angegebene, mit der Theorie übrigens nach den gebrauchten Formeln übereinstimmenden Effecte auch wirklich die richtigen sind [3]. Hierbei ist aber noch zu berücksichtigen, daſs nach allen über die Dichtigkeit der Dämpfe aufgestellten Formeln diese im zusammengesetzten geraden Verhältnisse der Elasticitäten, und im umgekehrten der

...sationswasser mittheile; jeden anderweitigen Wärmeaufwand, als der zur Dampfbildung verwandt wird, ausgeschlossen; so ist dieses an sich vollkommen richtig, und kann nicht zu Miſsverständnissen führen, wenn man nur berücksichtigt, daſs den Erfahrungen nach ein Volumen von n-facher Dichtigkeit n mal so viel Condensationswasser auf gleiche Weise erhitzt, als ein gleiches Volumen Dampf von einfacher Dichtigkeit.

1 Ann. LXXV. 124.

2 G. LXXV. 343.

3 Vergl. *Dampfmaschine*, *Effect derselben*.

Temperaturen steht, mithin zur Erhaltung z. B. der dopp Elasticität nicht die doppelte Quantität Dampf erforderlich und dieses entscheidet ganz offenbar für einen Vortheil zu sten der Dampfmaschinen mit hohem Drucke, insbesonder von Perkins erfundenen [2]. Um dieses sowohl im Allgem als auch in specieller Beziehung auf die Perkins'schen Ma nen deutlich zu machen, wollen wir abermals die demn zu bestimmenden Elasticitäten und Dichtigkeiten als genau aussetzen, und bei der Berechnung benutzen. Bei Per Dampfmaschinen wird ein 35facher Luftdruck vermittel Dampfes durch die hierzu erforderliche Heizung erzeugt von aber ⅐tel unbenutzt bleibt, indem der Dampf bis zur nung von 5 Atmosphären abgekühlt, und so wieder in de zeuger zurückgepreſst wird. Bei den gewöhnlichen D maschinen von einfach atmosphärischem Drucke wird der I nur höchstens bis etwa 50° C. wieder abgekühlt, welcher peratur 3,4 Z. Quecksilberhöhe zugehört, so daſs also hierbei nahe ⅐tel, in der Wirklichkeit gewiſs volle ⅐tel ren wird. Nehmen wir nun ferner an, daſs im Verh beider ungleicher Elasticitäten die zum Hineinpressen des pfes in den Generator bei Perkins's Dampfmaschinen erfo liche Kraft derjenigen gleich ist, welche bei den Watt'sch die Bewegung der Condensationspumpe verwandt werden so wird der Nutzeffect beider im umgekehrten Verhältnis zur Erzeugung des Dampfes erforderlichen Wärmemenge hen. Hiernach ist dann, die Dichtigkeit des Dampfes v mosphärischem Drucke als Einheit angesehen die des 35 elastischen = 24,8, oder in runder Zahl = 25, mithin

---

1 Millington a. a. O. p. 385. ſagt geradezu: *da es klar be ist, daſs die Zunahme an Kraft in dem Dampfe gröſser ist, al nige in der Feuerung, um diese hervorzubringen;* allein, auf Weise dieses bewiesen sey, wird nicht angegeben.

2 Hiernach ist Bernoulli zu berichtigen, welcher in seiner ke: Anfangsgründe der Dampfmaschinenlehre für Techniker und de der Mechanik. Basel 1825. 8. a. a. O. behauptet, zur Erzeug doppelten Druckes sey eine doppelte Quantität Dampf erforderli daher kein Ersparniſs an Feuermaterial zu erhalten. Das Verha Dämpfe ist anders als das der permanenten Gasarten. Verg *Dichtigkeit.*

r jene 35×640° Wärme erfordert, für diese aber nur 25×640°, er die Perkins'schen und Watt'schen Maschinen stehen rücktlich des erforderlichen Verbrauches von Brennstoff im Verltnifs von 5:7, wenn man die Bedingungen der Erwärmung i beiden völlig gleich setzt.

Viele haben sich bei der Beurtheilung dieser Maschinen auf s Zeugnifs des sachverständigen Prechtl's berufen, welcher n versprochenen grofsen Vortheil derselben bestreitet [1], jech aus Gründen, deren Würdigung nicht hierher geirt. Es wird nämlich aus der durch Versuche gefundenen uantität des Dampfes, welchen eine dem Feuer ausgesetzte berfläche in einer gegebenen Zeit zu erzeugen vermag, nachgeiesen, dafs Perkins's Generator die erforderliche Quantität mpf zu liefern nicht vermöge [2]. Abgesehen hiervon tritt ins auch Prechtl dem hier zunächst in Betrachtung kommen, nach seiner Meinung durch die Erfahrung begründeten e bei, dafs nämlich gleiche Gewichte Dampf von jeder bebigen Temperatur gleiche Wärmemengen enthalten, und dienach die Dämpfe von höherer Temperatur und Expansivkraft i gleich grofser mechanischer Wirkung weniger Wärme als lche von niederer Temperatur oder geringerer Dichtigkeit zu rer Bildung bedürfen, woraus im Allgemeinen der Vortheil r Maschinen mit höherem Drucke hervorgeht.

Nach allem diesen dürfen wir also hinsichtlich der latenten Wärme des Dampfes den wichtigen Satz vor der Hand als durch die Erfahrung begründet ansehen, nämlich dafs die gesammte Wärme desselben, oder die Summe seiner latenten und sensibelen bei allen Temperaturen eine constante Gröfse ist, und bei Wasserdampfe nahe genau 640° C. beträgt, und zwar in der Art, dafs wenn die latente Wärme durch λ, die sensibele durch σ bezeichnet wird, $\lambda + \sigma = 640°$ C. also $\lambda = 640°$ C. $- \sigma$ ist. Findet daher Dampfbildung oder Dampfzersetzung bei irgend einer Temperatur $= t$ nach der hunderttheiligen Scale statt, so wird die gebundene oder frei werdende Wärme für gleiche Quantitäten 640° $- t$ seyn, woraus die bedeutende Erkältung durch Dampfbildung bei niedrigen Temperaturen von selbst folgt.

1 G. LXXVI. 227.

2 Vergl. *Dampfmaschine. Effect derselben.*

Endlich haben einige die zur Dampfbildung erforderl Wärme nicht latente, sondern specifische nennen wollen, wi ber indeſs hier nichts weiter bemerkt werden kann, als diese Ansicht hier aus Gründen nicht angenommen ist [1].

2. Elasticität der Dämpfe.

Unter der *Elasticität*, auch wohl *Spannung* *Pressung* der Dämpfe, versteht man diejenige Kraft, welcher sie nach Art der atmosphärischen Luft gegen alle per einen Druck ausüben. Indem man aber allgemein Druck der Luft vermittelst des Barometers miſst, oder nach Höhe derjenigen Quecksilbersäule bestimmt, welche die vermöge ihrer Pressung emporzuhalten vermag, so bedient sich dieses nämlichen Maſses auch bei den Dämpfen, und also z. B. ihre Elasticität betrage 3 oder 8 oder überhau Zolle oder Linien *Quecksilberhöhe*, welche Gröſsenbe mung sich leicht auf den Druck einer oder mehrerer *At spären* reduciren läſst, wenn man berücksichtigt, daſs atmosphärische Luftdruck im Mittel 28 Z. Quecksilberhöhe trägt. Indem man aber das Gewicht des atmosphärischen L druckes gegen eine gegebene Fläche mit hinlänglicher Gen keit in Gewichten, z. B. Pfunden, kennt [2]; so läſst sich j Gröſse auch auf diese letztere ohne Schwierigkeit reduciren.

Von der ungemein groſsen Kraft stark erhitzter Dä sich zu überzeugen, giebt es viele Gelegenheiten, und es ist in gemeinen Regel, jederzeit mit groſser Vorsicht zu Werke zu hen, wo Dampfbildung statt findet, und der Grad der Er zung nicht genau bestimmt werden kann. Obgleich dieses o Unterschied von allen Dämpfen tropfbarer Flüssigkeiten so werden die Fälle wirklicher Explosionen doch meistent bei *Wasserdämpfen* beobachtet. Dahin gehört die Vorsic maſsregel, nie das Wasser zur Schwefelsäure zu gieſsen, dern umgekehrt, weil sonst in jenem Falle das durch die K des Fallens in der Schwefelsäure niedersinkende Wasser möge der entbundenen Wärme leicht in Dampf verwandelt,

---

1 Vergl. *Wärme, latente.*

2 S. *Aërostatik.* Th. I. p. 262.

Schwefelsäure aus dem Gefäſse geschleudert wird. Man hat
e, daſs sogar poröse Mühlsteine, wenn sie vorher von Was-
lurchdrungen waren und bei lange anhaltender Bewegung
tzt wurden, durch die Gewalt der Dämpfe mit einem furcht-
n Knalle in mehrere Stücke zersprangen. Daſs die Mühl-
e bei Kaiserslautern leicht auf die angezeigte Weise zer-
ıgen, erwähnt BRARD [1], ohne jedoch die Ursache anzuge-
genau aber wird diese Erscheinung beschrieben durch
DE [2], wonach 1799 auf einer Windmühle bei Berlin ein
neu angebrachter Läufer in drei Stücke zersprang. Das eine
Stücke zerschmetterte einen eichenen, zwei F. ins Quadrat
en Balken, und die andern wirkten auf gleiche Weise heftig
n andere Theile der Mühle. Die Mühlsteine jener Gegend
porös, und dieser war anhaltend 18 Stunden in starker
egung gewesen.

Die meisten Unglücksfälle dieser Art sind bei *Dampf-
schinen* vorgefallen, wovon man indeſs nicht auf eine ab-
ıte Gefahr dieser nützlichen Apparate schlieſsen darf, indem
ils erwiesen ist, daſs sie alle durch unverzeihliche Nachläs-
keit herbeigeführt wurden, theils die groſse Menge der überall
rauchten Dampfapparate berücksichtigt werden muſs, woge-
n die einzelnen Unglücksfälle fast verschwinden. Nur bei-
elsweise möge hier erwähnt werden das Zerspringen des Stie-
ls einer Dampfmaschine zu Chelsea während der Reparatur,
ch GREGORY [3], wobei der Dampf zwei Arbeiter zu Boden
arf, deren Haut und Fleisch wie gesotten waren. Am mei-
en Aufsehen machte unter andern das Auffliegen der Zucker-
lderei eines gewissen CONSTANT zu Wellstreet in London, wo-
i einige Nachbarhäuser und verschiedene Arbeiter beschädigt
urden [4]; das Zerplatzen des Dampfkessels in der Destillerie
nes gewissen HAIG in Lochrin mit einer ungeheuern Explo-
on [5]; das Zerspringen eines Dampfcylinders auf dem Schiffe

1 Minéralogie cet. III. 107.
2 Neue Schr. der Berl. Naturf. Gesellsch. IV. 287.
3 Haushaltung der Natur p. 108.
4 Tilloch's Phil. Mag. 1815. Dec. daraus bei G. LIV. 138.
5 Stevenson in Edinb. Phil. Journ. 1821. Jul. daraus in Bibl. univ. VIII. 287. Ann. C. P. XXI. 351. Von dem groſsen Kessel aus Guſsei-

Washington zu Marietta am Ohio, wobei 19 Menschen · glückten. Man hatte das Gewicht des Hebelarms am ' ganz ans Ende geschoben, und wegen verzögerter Abfal Sieden stets fortgesetzt, ohne dem Dampfe einen Ausweg statten [1].

A. Wasserdampf.

Man hat sich vorzugsweise von jeher damit beschäfti *Elasticität des Wasserdampfes* aufzufinden, the Rücksichten auf die Meteorologie, theils aber und haupts wegen der frühen Anwendung desselben zur Bewegung d schinen [2].

Die Elasticität des Dampfes im Allgemeinen kannten Heron von Alexandrien, Samuel Moreland, Papinus, tons und andere [3], dafs aber dieselbe mit der Temperatur se, und nach welchem Gesetze dieses geschehe, unters zuerst Watt und Ziegler in gröfserem Umfange, na schon Lord Cavendish 1760 durch Versuche mit der Luft gefunden hatte, dafs Wasser im leeren Raume Dampf bilde sen Elasticität er bei 72° F. = 0,75 Z. Quecksilberhöhe i Ziegler [5] senkte Glasröhren von 12 Z., 42 Z. und 13 ein Gefäfs mit Quecksilber, welches in einem Papinisch gestor so eingeschlossen war, dafs die Wasserdämpfe wirken konnten, wobei die Wärme des Wassers im Di thermometrisch bestimmt und die Höhe der getragenen Q silbersäule nach Zollen gemessen wurde. Letztere wurde e

---

sen, 9 Tonnen (180 Quintaux) schwer, wurden 7 Tonnen losg bis 60 F. hoch durch das Dach getrieben, und fielen 150 F. weit Haus, welches zertrümmert wurde. Das Getöse hörte man ein Meile weit, doch kamen nur zwei Menschen dabei um.

1 G. LIV. 92.

2 Eine sehr vollständige und gehaltreiche Zusammenstell bis jetzt bekannten Untersuchungen von Kaemtz findet man in Sch J. XXXII. 385. Sie ist hauptsächlich die Berechnungen betreffe benutzt.

3 S. *Dampfmaschine*.

4 Robison Mech. Phil. III. 598. II.

5 Specimen physico-chemicum de digestore Papini cet. 1759. 4. p. 31. ff.

mender, dann bei abnehmender Temperatur gemessen; obgleich die zu beobachtenden Vorsichtsmafsregeln, na- ich einer langsamen Erhitzung und Abkühlung angegeben so stimmen doch die Resultate beider Reihen nur wenig n, und wir können sie daher bei den späteren zahlreichen esseren Versuchen füglich ganz übergehen.

Watt hat sich nicht blofs im Allgemeinen, sondern auch tlich bei der Auffindung der latenten Wärme des Dam- s einen sehr genauen Experimentator legitimirt, und seine che verdienen daher mehr Aufmerksamkeit [1]. Sie wur- n Winter 1764 auf 65 angestellt, und er bediente sich eines Digestors, aus welchem er zuerst die Luft durch aus dem Sicherheitsventile entweichen liefs, dann aber r die Quecksilberhöhen, welche dem Drucke der Dämpfe heren Temperaturen proportional waren. Nicht zufrie- mit diesen Versuchen wegen der Beschaffenheit der ge- nten Glasröhren, wiederholte er sie im Winter 1773 bis Hierzu nahm er eine Glasröhre e f, mit einer angeblase- kleinen Kugel a, füllte sie mit Wasser und befreiete dieses Sieden sorgfältig von aller Luft bis auf eine verschwin- Gröfse, füllte dann die Röhre mit Quecksilber, worauf rmals die Luft des Wassers durch Sieden wegschaffte, bis öhre, in ein Gefäfs mit Quecksilber c d gesenkt, ein ei- iches Barometer mit etwas Wasser im oberen Ende bildete, n Gewicht bei den Versuchen corrigirt wurde. Die Kugel ob er von unten herauf durch eine Oeffnung in ein Gefäfs mit Wasser, dessen Temperatur durch ein Thermometer t sen wurde, bewerkstelligte die Erhitzung des Wassers im se durch eine untergesetzte Lampe g, und indem das Was- n der Kugel durch die mitgetheilte Wärme in Dampf ver- elt wurde, und dieser das Quecksilber in der Röhre her- ckte, so gab die Höhe desselben von der Barometerhöhe ogen die Elasticität des Dampfes. Die auf diese Weise enen Gröfsen, zur leichteren Uebersicht auf Temperatu- er achzigtheiligen Scale und Pariser Zolle reducirt, sind nde:

Fig. 105.

---

[1] Watt's Anm. zu Robison Mech. Phil. II. 29. ff.

t	e	t	e	t	e	t	e
10,22	0,14	45,78	4,22	60,00	10,32	68,89	16
18,67	0,61	48,89	5,06	62,22	11,07	69,78	17
21,78	0,75	51,56	6,00	63,56	12,07	70,67	1[illegible]
28,00	1,20	53,78	6,84	64,67	12,95	71,78	1[illegible]
32,00	1,62	55,56	7,72	65,78	13,80	73,08	2[illegible]
38,22	2,44	57,33	8,61	66,89	14,70		
42,67	3,75	58,67	9,40	68,00	15,56		

Zum Wasser höherer Elasticitäten wandte er einen Apparat wie der von Ziegler gebrauchte, mit einer Röhre von 5 und erhielt folgende, auf gleiche Weise reducirte Werthe.

t	e	t	e	t	e	t	e
80,44	28,15	87,11	36,55	92,44	45,93	100,89	61,
81,33	29,38	87,78	37,50	93,55	46,93	101,78	63,
82,22	29,95	88,44	38,43	94,45	48,81	102,45	65,
83,11	30,75	89,11	39,33	95,56	50,60	103,34	67,
83,78	31,88	89,78	40,22	96,22	52,51	104,22	69,
84,44	32,85	90,22	41,20	97,11	54,40	104,89	71,
85,11	33,75	90,89	42,23	98,00	56,30	105,56	73,
85,71	34,65	91,34	43,15	99,11	58,20	106,22	75,
86,45	35,65	91,78	44,00	100,0	60,10	106,89	76,

Die Vergleichung dieser Versuche mit späteren gen ergiebt, dafs sie zwar zur Begründung einer allgemeinen mel nicht genügen, dennoch aber unter die vorzüglichsten besten gehören, wie sich dieses auch eben so sehr von dem brauchten Apparate, als auch von der Geschicklichkeit Vorsicht Watt's nicht anders erwarten läfst. Auf allen hätte indefs der in neueren Zeiten beobachtete Einflufs Druckes, welchen der sehr expandirte Dampf gegen die des Thermometers ausübt, mit berücksichtigt werden mü Um zuvörderst diejenigen Versuche zu erwähnen, welche den Experimentatoren selbst oder von andern noch nicht Auffindung eines allgemeinen Gesetzes des Verhältnisses Elasticitäten und der Temperaturen benutzt sind, mögen diejenigen folgen, welche Robison [1] anstellte. Der App womit er die Elasticitäten bis zur Siedehitze mafs, gleicht von Watt gebrauchten, mit dem Unterschiede, dafs das

---

1 Encyclop. Britannica 2te edit. XVII. 739. Robison in Phil. II. 23. Den Versuch, welchen der Verf. macht, die gefund Werthe auf eine allgemeine Formel zurückzubringen, übergehe ich

t Quecksilber nicht von unten in das Dampfgefäſs geschoben, ıdern umgebogen und von oben in dasselbe gesenkt wurde, gleichen daſs das Dampfgefäſs ein Sicherheitsventil hatte. : die Elasticitäten höherer Temperaturen gebrauchte er einen ächen, ohne Beschreibung durch den Anblick der Zeich- ıg verständlichen Apparat, nämlich eine doppelt gekrümmte ıre, mit einem Gefäſse voll Quecksilbers in der Mitte, de- unteres Ende in eine Oeffnung des Digestors gesenkt wurde, auf dann die Dämpfe das Quecksilber in dem andern Schen- der Röhre in die Höhe trieben. Die durch ihn erhaltenen ıltate zeigt die folgende Tabelle, nach der Reduction von ırrz auf t in Graden R. und e in Par. Zöllen.

Fig. 106.

	e	t	e	t	e	t	c
0	0,000	30,27	1,501	61,43	10,368	88,13	41,751
5	0,094	34,72	2,111	65,88	13,182	92,58	51,510
1	0,188	39,17	2,816	70,33	16,748	97,03	62,675
6	0,328	43,62	3,706	74,78	21,223	101,48	75,341
1	0,516	48,07	4,831	79,23	26,881	105,94	88,289
7	0,769	52,52	6,305	80,12	28,147	110,39	99,360
2	1,107	56,97	8,116	83,68	33,589		

Betancourt stellte mehrere Reihen von Versuchen an, um ılasticität der Wasserdämpfe bei verschiedenen Tempera- ı aufzufinden, welche nicht so sehr durch seine eigene ıdlung [1], als vielmehr dadurch sehr bekannt geworden ıaſs Prony [2] sie zur Auffindung einer allgemeinen For- ınutzte, und bei seinen Berechnungen des Effectes der ımaschinen zum Grunde legte. Betancourt's allerdings ımäſsig construirter Apparat bestand aus einem Papinischen ır A, mit einer Oeffnung s zum Eingieſsen des Wassers, ı eingesenkten Thermometer h t, einer seitwärts ange- ıten, durch einen Hahn b verschlieſsbaren, und vermit- ıines biegsamen Rohres mit einer Campane verbundenen

Fig. 107.

---

[1] Mémoire sur la force expansive de la vapeur cet. par M. de Be- t. à Paris 1792. 4.

[2] Neue Architectura Hydraulica, übers. von Langsdorf 1795. II. I. 602 II. 6. ff. Derselbe in Journal de l'école polytechnique à ı. IV. 4. Cah. II. p. 24. Vergl. Langsdorf Lehrbuch d. Hy- ımit beständiger Rücksicht auf d. Erfahrung. Altenb. 1794. 4. Gren N. J. I. 174. IV. 215.

Röhre o′ o″, um die Luft aus dem oberen Raume des D
über dem Wasser durch Aufsetzen der Campane auf de
einer Luftpumpe wegzuschaffen, und endlich aus einer
gebogenen Glasröhre, deren aufrecht stehendes, oben
Ende vermittelst einer angebrachten Scale in Par. Zo
deren Theile getheilt war. Das in derselben oder eine
verbundenen Gefäſse befindliche Quecksilber diente da
Temperaturen unter dem Siedepuncte in dem Theile de
k n ein Barometer zu bilden, und durch die Differenz
he des Quecksilbers in diesem und einem zugleich beo
ten wirklichen Barometer sowohl die Elasticitäten der
unter der Siedehitze zu messen, als auch durch das Au
desselben im längeren Schenkel der Röhre k′ n′ die Elast
derselben bei höheren Temperaturen zu finden. Daſs
sem Apparate die Differenz der Quecksilberhöhe in de
und im wirklichen Barometer beim Gefrierpuncte der
Digestor befindlichen Luft beigemessen wurde, folglich
sticität der Dämpfe beim Gefrierpuncte = 0 genommen
muſste, versteht sich von selbst. Diejenigen Quecksi
hen, welche Betancourt in dem genauesten seiner V
den verschiedenen Temperaturen zugehörend fand, si
Graden der achtzigtheiligen Scale in Par. Duodecimalzol
gende:

t	e	t	e	t	e	t	
3	0,00	30	1,52	57	8,40	84	3
4	0,02	31	1,65	58	8,85	85	3
5	0,02	32	1,78	59	9,35	86	3
6	0,05	33	1,90	60	9,95	87	4
7	0,07	34	2,00	61	10,40	88	4
8	0,10	35	2,15	62	11,00	89	4
9	0,12	36	2,27	63	11,70	90	4
10	0,15	37	2,45	64	12,40	91	4
11	0,18	38	2,57	65	13,20	92	5
12	0,22	39	2,75	66	13,80	93	5
13	0,27	40	2,92	67	14,50	94	5
14	0,30	41	3,10	68	15,25	95	5
15	0,35	42	3,27	69	16,10	96	6
16	0,40	43	3,47	70	16,90	97	6
17	0,45	44	3,70	71	17,80	98	6
18	0,52	45	3,95	72	18,70	99	6
19	0,58	46	4,25	73	19,50	100	7
20	0,65	47	4,45	74	20,60	01	7

t	e	t	e	t	e	t	e
1	0,75	48	4,75	75	21,75	102	78,20
2	0,82	49	5,00	76	22,90	103	81,00
3	0,90	50	5,35	77	24,15	104	84,00
4	0,97	51	5,70	78	25,50	105	86,80
5	1,05	52	6,05	79	26,67	106	89,00
6	1,12	53	6,50	80	28,00	107	91,30
7	1,22	54	6,90	81	29,60	108	93,50
8	1,32	55	7,32	82	31,30	109	95,60
9	1,42	56	7,85	83	33,00	110	98,00

Diejenige Formel, welche Prony auf diese Beobachtungen einer sehr zusammengesetzten Interpolationsmethode ge- det hat, ist folgende:

$$y = e^{\mu + \lambda x} - e^{\mu' + \lambda' x} - e^{\sigma x - \rho} - e^{\sigma' x - \rho'}$$

n y die Höhe der Quecksilbersäule, e die Basis der gemei- Logarithmen = 10, x die Thermometergrade nach R. be- nen, die acht Exponenten aber

$\mu = 0,068831$ $\sigma' = 0,049157$
$\lambda = 0,0194438$ $\mu' = 0,068805$
$\lambda' = 0,01349$ $\rho = 4,68608$
$\sigma = 0,058576$ $\rho' = 3,93256$

Dafs diese Formel die durch Versuche gefundenen Werthe : gut darstelle, zeigt die nachfolgende tabellarische Zusam- stellung, bei welcher noch dazu die Differenzen bald posi- bald negativ sind, wovon man auf die Pafslichkeit der For- m schliefsen berechtigt wird. Es bezeichnen nämlich wie t die Temperaturen nach der achtzigtheiligen Scale, e die ticitäten nach Versuchen, e' nach Rechnung und Δ die renzen beider.

e	e'	Δ	t	e	e'	Δ
0,00	0,0000	0,00	70	16,90	16,5770	— 0,32
0,15	0,2304	+ 0,08	80	28,00	28,0060	0,00
0,65	0,6872	+ 0,03	90	46,40	45,8700	— 0,53
1,52	1,5019	— 0,02	95	57,80	57,8010	0,00
2,92	2,9711	+ 0,05	100	71,80	71,5520	— 0,25
5,35	5,4453	+ 0,09	104	84,00	83,259	— 0,74
9,95	9,6280	— 0,32	110	98,00	98,356	+ 0,35
14,50	14,1161	— 0,38				

Dafs indefs diese Formel nicht hinreiche, das Verhältnifs Elasticitäten des Wasserdampfes und der Temperaturen

auszudrücken, hat J. G. Voigt [1] gezeigt, indem er nachwei dafs sie zu Ungereimtheiten führt, indem unter andern x = 120 y einen negativen Werth erhält. Aufserdem aber hören die Versuche keineswegs zu der Zahl derjenigen, wel auf hinlängliche Genauigkeit zur Begründung eines allgemei Gesetzes der Elasticitäten Anspruch machen dürften, wie der Folge noch weiter gezeigt werden wird.

Prony wandte später seine allgemeine Interpolationsm thode [2] auf eben diese Beobachtungen an, und berechnete nach der Formel

$$y = \mu_{,} \varrho_{,}^{x} + \mu_{,,} \varrho_{,,}^{x} + \mu_{,,,} \varrho_{,,,}^{x}$$

bei welcher für die Elasticitäten vom Gefrierpuncte bis zum S depuncte das erste Glied weggelassen werden kann. Hierin

$\varrho_{,} = 1,172805$ $\mu_{,} = -0,0000007246$

$\varrho_{,,} = 1,047773$ $\mu_{,,} = 0,8648188303$

$\varrho_{,,,} = 1,028189$ $\mu_{,,,} = -0,8648181057$

welche mit den Beobachtungen noch genauer übereinstimme Werthe giebt, von dem oben gerügten Fehler aber ni frei ist.

Unter die gehaltreichsten Versuche über diesen Gegensta gehören unstreitig die von G. G. Schmidt [3] schon im Decem 1797 angestellten. Sein hierzu gebrauchter Apparat hatte d dem Gelingen nachtheilige viermalgebogene Röhre des Betan courtschen Digestors nicht, auch wurde er durch die Dämp des siedenden Wassers anfänglich Luftleer gemacht, welc sicher das Beste ist. Der Hahn g schlofs dann, nachdem d Sieden alle Luft weggeschafft war, das Gefäfs A ab, und wu de erst wieder geöffnet, wenn das Wasser in dem letzter beim Versuche die Siedehitze abermals erreicht hatte. Da endlich das im Gefäfse d d enthaltene Quecksilber, dessen Ra nach der früher angestellten Messung des Inhalts dieses Gef fses und der Röhre f corrigirt werden konnte, durch de Druck der Dämpfe in dieser Röhre in die Höhe gehoben wurd

Fig. 108.

1 Gren N J. I. 331. Vergl. G. G. Schmidt ebend. IV. 260.

2 Neue Archit. Hydr. II. 148. Vergl. Journ. de l'École Pol. a. a.

3 Gren N. J. IV. 264. Vers. über d. Expansivkraft, Dichte u latente Hitze d. reinen Wasserdampfes bei verschiedenen Temperatu von G. G. Schmidt. Leipz. 1798. 8.

an sich klar. [1] Ueber 114° R. konnten die Versuche nicht
tgesetzt werden, weil die zwischen den Schrauben liegenden
der zusammendörreten. Hanf ist daher für solche Zwecke
it vorzuziehen. Die aus den Versuchen erhaltenen mittleren
erthe für Grade t nach R. und e in Par. Zollen sind folgende:

t	e	t	e	t	e	t	e
0	28,00	89	41,86	98	61,75	107	88,22
1	—	90	43,77	99	64,28	108	92,06
2	31,05	91	45,89	100	67,00	109	96,20
3	32,56	92	48,02	101	69,53	110	100,72
4	33,98	93	50,03	102	72,46	111	104,35
5	35,39	94	51,84	103	75,29	112	109,18
6	36,91	95	54,18	104	78,22	113	113,10
7	38,42	96	56,71	105	80,95	114	117,12
8	40,24	97	59,18	106	84,99		

Um die Elasticitäten des Dampfes unter der Siedehitze zu
den, bediente sich Schmidt des sehr zweckmäßig eingerich-
n Ciarcy'schen Dampfbarometers. Dasselbe besteht aus ei-
n gewöhnlichen gut ausgekochten Flaschenbarometer, des-
n Oeffnung e so eingerichtet ist, daß ein Thermometer f g
eingesenkt, und sie durch einen auf die Röhre desselben ge-
benen Kork dampfdicht verschlossen werden kann. An
Flasche des Barometers ist seitwärts die kleine Phiole h an-
acht, in deren untere Oeffnung gleichfalls vermittelst eines
s die kleine Retorte k gesteckt wird, welche letztere et-
Wasser enthält, das man durch eine untergehaltene Lampe
n läßt, und wenn dann sowohl h als auch das Gefäß des
meters p p mit siedendem Dampfe gefüllt und aus beiden
Luft ausgetrieben ist, so wird der ganze Apparat durch die
en Korke verschlossen, man läßt ihn erkalten, das Queck-
er sinkt aus der Barometerröhre in das Gefäß p p, und in-
n man alsdann das in diesem zurückgebliebene Wasser allmä-
 erhitzt, so erhält man nach Angabe des in demselben be-
dlichen Thermometers die den Temperaturen des Dampfes
gehörigen Elasticitäten des Wasserdampfes in Höhen der
ecksilbersäule. Noch einfacher wird dieser Apparat, wenn

Fig. 109.

---

1 Die ursprüngliche Einrichtung Ziegler's, das Gefäß mit dem
ecksilber in den Digestor selbst zu bringen, scheint mir unter allen
ch die vorzüglichste. Vergl. Biker bei G. X. 268.

m Phiole h und die Retorte k ganz wegläfst, etw
a ;efäfse p p zum Sieden bringt, und nachdem :
n ben ist, dasselbe vermittelst des Korkes am T
w :rschliefst, und so verfährt, wie oben angege
ne an zu gröfserer Vorsicht wohl thut, den Kork
sti : aus Bernsteinfirnifs und ungelöschtem Kalke :
, um jedes Eindringen der Luft zu verhüten.
..pparate gefundenen Werthe auf gleiche Weise g
ende:

t	e	t	e	t	e	t	e
[illegible]	0,00	[illegible]	[illegible]	40	3,64	65	1
5	0,11	[illegible]	[illegible]	45	5,14	70	1
6	0,15	[illegible]	[illegible]	50	6,40	71	1
10	0,28	[illegible]	[illegible]	55	8,55	72	1
12	0,38	[illegible]	[illegible]	58	10,14	73	2
13	0,44	30	1,93	59	10,42	74	2
15	0,55	33	2,23	60	10,98	75	2
16	0,61	35	2,68	62	12,24	80	2

Schmidt leitete aus seinen Versuchen eine allgemei
mel ab, um die Elasticität des Wasserdampfes = e in H
theilen von Par. Zollen als Function der Temperatur in
der achtzigtheiligen Scale auszudrücken, nämlich

$$e = t^{1,4113+0,005t}$$

welche allerdings die durch Versuche innerhalb de
Schmidt angewandten Temperaturen gefundenen Gröfse
nahe genau giebt. Soll dieselbe aber als allgemein gelt
zeigt sich bald, dafs sie erstlich für t = 0 auch e = 0
welches mit der Erfahrung nicht übereinstimmt; zweite
werden in hohen Temperaturen die Werthe von e weit g
als glaublich ist, und den Erfahrungen nicht entspre
Für t = 254° R. z. B. wird e = 28060 P. Z. und für t=
sogar 88331000. Endlich würden verneinte Werthe von
verneinte von e geben, welches abermals der Natur der V
nach nicht seyn kann, insofern der Gefrierpunct des Th
meters nicht den absoluten Nullpunct bezeichnet. Hinsic
auf die Resultate der Versuche selbst sind die unter dem
puncte des Wassers bei den niederen Graden erhaltene El
täten etwas gröfser als diejenigen, welche von andern Phy
gefunden wurden, die über dem Siedepuncte beobachteten

zwar mit den Betancourtschen sehr nahe überein, beide wachsen bei zunehmenden Temperaturen stärker, als r gefunden haben will. Wenn indeſs Versuche dieser Art rhaft werden, so darf man immer voraussetzen, daſs die icitäten zu groſs, als daſs sie zu klein gefunden sind, weil Dämpfe früher die höhere Temperatur annehmen, als sie dem Quecksilber des Thermometers mittheilen.

Schon vor der Bekanntwerdung der Betancourt'schen Ver- wollte L. Biker zu Rotterdam die Elasticität der Wasser- fe untersuchen, wurde durch Geschäfte daran gehindert, durch die Kenntniſs jener wieder dazu aufgefordert; nahm den Lehrer der Chemie zu Rotterdam, H. W. Rouppe zum ilfen, und lieſs einen Apparat construiren, durch welchen ie Fehler Betancourt's am besten vermied, indem er das ksilbergefäſs mit der Messungsröhre in den Digestor selbst e [1]. Dieser stand in dem eisernen Ofen A, war aus $\frac{3}{16}$ Z. Fig. 110. em geschlagenen Kupfer, 11 Z. hoch und 10 Z. weit, mit m noch einmal so dicken aufgeschrobenen Deckel und schenliegender Bleischeibe, um das Schwinden der Leder- iben zu vermeiden. Der Deckel hat fünf Oeffnungen mit schiedenen Vorrichtungen, welche gleichfalls vermittelst ischeiben dampfdicht verschlossen sind. In der Mitte befin- t sich der Dampfcylinder G G, mit einem doppelt durchbohr- Hahne M, vermittelst dessen sich der Dampfcylinder mit Digestor oder auch mit der äuſsern Luft in Verbindung läſst, auch giebt er den Dämpfen im Digestor einen Aus- , um vor den Versuchen die in demselben eingeschlossene ft wegzuschaffen. Schraubt man die Deckplatte des Dampf- inders G G ab, so läſst sich ein luftdicht schlieſsender Em- us hineinschieben, welcher durch die Dämpfe nach der Oeff- g des Hahns in die Höhe gehoben wird, und dann geben gelegte Gewichte die Kraft an, welche der Dampf gegen den bolus ausübt. Wird dann der Zutritt des Dampfes durch Hahn abgeschlossen, und aus einer in das Röhrchen N geschrobenen Spritze Wasser in den Cylinder gespritzt, so

---

1 Aus Nieuwe Verhandelingen van het Bataafsch Genootschap der efondervindelyke Wysbegeerte to Rotterdam. Deel I. Amst. 1800. G. X. 257.

c   t sich der Dampf, der Embolus wird durch
mos sche Luft niedergedrückt, und das gebildete
ch die Oeffnung des Hahns ab, worauf der Pro
beginnen kann. Man sieht leicht, dafs hiermit d
sphärischen Dampfmaschinen im Kleinen nach
sollte. Die Oeffnung R war bestimmt, den
mit   ser zu füllen, worauf sie entweder mit einem
ile, (einem Kegelventile mit Hebelarme) oder
nom   S O zugeschroben wurde, vermittelst welcher
parat   rch Anwendung einer Luftpumpe evacuirt
konnte. In der dritten Oeffnung des Deckels war das T
meter T T, dessen Kugel 4 Z. tief unter denselben hinab
in der vierten die 110 Z. lange, oben verschlossene M
K Q, welche eben wie die Thermometerröhre in ihre
mit Mennig und dick eingekochtem Leinöle eingekitt
Dieser nämliche Kitt, nachdem noch etwas Bleiweifs z
worden, diente zum Verstreichen der Fugen. Das unte
Fig. 111. der Röhre war in das eiserne Gefäfs P gesenkt, welc
hinlängliche Menge Quecksilber fafste, um die ganze Rö
mit zu füllen, von unten in den Deckel d d eingelass
vermittelst der Oeffnung e mit dem Dampfe im Digesto
municirte, vermittelst der Röhre b aber mit der äufser
indem das, aus der fünften Oeffnung des Deckels tretend
dieser letzteren durch den Hahn H geöffnet oder versc
werden konnte, um die Luft oder die zu stark erhitzten
entweichen zu lassen oder abzusperren. Bei den Ve
selbst ist es vor allen Dingen nothwendig, das Feuer
mäfsigen, weil sonst die Elasticität der Dämpfe dem T
meter vorauseilt, auch müssen die Ventile genau sch
indem beim Entweichen von etwas Dampf die Elasticit
geringe gefunden werden. Aufserdem wandten die Exp
tatoren auch noch das zweckdienliche Mittel an, dafs
Feuer dämpften, und die Versuche bei abnehmender
wiederholten. Einige Resultate dieser genauen Versuche
der Reduction von Kaemtz enthält die folgende Tafel, [1]

---

1 Da sie mit den durch Schmidt gefundenen so genau über
men, so ist es überflüssig, mehrere herzusetzen.

r die Temperaturen t der achtzigtheiligen Scale die Elasticitä-
n e in Par. Zollen Quecksilberhöhe.

t	e	t	e	t	e
80	28,014	90	44,338	100	66,654
84	34,100	92	48,011	104	77,280
85	35,546	95	54,290	105	80,130
88	40,379	96	56,608	108	91,580

Nicht leicht sind Versuche allgemeiner beachtet und mehr ber ihren Werth geschätzt, als diejenigen, welche John Dal-on [1] angestellt hat, um ein allgemeines Gesetz über die Elaticitäten der Dämpfe aufzufinden. Er nahm zu seinen Versuchen eine Barometerröhre, füllte sie mit Quecksilber und zeichnete eine Scale auf dieselbe, drehete sie um, goſs eine kleine Quantität der zu untersuchenden Flüssigkeit über das Quecksilber, benetzte durch Umkehren der Röhre hiermit die Wände derselben, brachte durch wiederholtes Umkehren und Neigen derselben eine Lage von zwei bis drei Linien dieser Flüssigkeit über das Quecksilber, und befreiete dieselbe zugleich von der absorbirten Luft, wodurch dann endlich ein Barometer mit etwas Flüssigkeit im torricellischen Raume entstand, aus welcher sich Dämpfe bildeten, deren Elasticität durch die verminderte Höhe der Quecksilbersäule angezeigt wurde. Um den Dämpfen in dieser Röhre eine verschiedene Temperatur zu geben, nahm Dalton ferner eine 2 Z. weite und 14 Z. lange Glasröhre, unten und oben mit einem Korkstöpsel verschlossen, durch welche in der Mitte die Barometerröhre geschoben wurde. Der untere Kork schloſs wasserdicht, der obere aber war fast zur Hälfte weggeschnitten, um Wasser von verschiedener Temperatur hineinzugieſsen, dadurch die eingeschlossene Barometerröhre zu erwärmen, und dann die zugehörige Depression des Quecksilbers, durch die entstandenen Dämpfe bewirkt, zu messen. Weil indeſs dieser Apparat höhere Grade der Wärme nicht aushielt, so wählte Dalton hierfür zwei zinnerne Röhren, eine innere, an beiden Seiten offene, welche in die Bodenplatte der weiteren so gelöthet war, daſs beider Axen zusammenfielen. Beide waren zwei Fuſs lang. In die engere wurde dann ver-

1 Memoirs of the literary and phil. Soc. of Manchester 1805. V. 0. Vergl. G. XV. 1 ff. Brugnatelli G. Dec. II. P. II. p. 187.

mittelst zweier Korke der eine Schenkel eines Heberbaromet
in welchem sich etwas von der zu untersuchenden Flüssig
befand, festgesteckt, und wenn dann die weitere zinnerne R
re mit Wasser von verschiedener Wärme gefüllt war, so ze
das Steigen des Quecksilbers im andern Schenkel des Hebe
rometers, welcher oben verschlossen und mit Luft gefüllt v
durch die Compression dieser letzteren, die der Temperatur
gehörige Elasticität der Dämpfe.

Das Unzweckmäfsige dieses Apparates fällt ohne weitlä
tige Untersuchungen von selbst in die Augen [1], und es ist fr
lich, ob Dalton nicht die meisten seiner Resultate auf die a
dere von ihm angegebene Weise, nämlich vermittelst der Lu
pumpe erhalten hat, indem er, nach einem längst bekannt
Verfahren, die Flüssigkeiten von verschiedenen Temperatur
unter einen Recipienten setzte, und die Elasticität ihrer Dämp
nach dem Stande des Barometers beim Sieden derselben b
stimmte [2]. Am wesentlichsten ist, dafs das Thermometer si
nicht unmittelbar in den Dämpfen befand, ja es ist überha
nicht davon die Rede, wie die Temperatur des umgeben
Wassers gemessen wurde. Gesetzt aber, es habe sich ein T
mometer in demselben befunden, so bemerkt Biot [3] sehr r
tig, dafs die Temperatur einer langen, im Freien erkalte
Wassersäule nicht überall gleich ist, indem das wärmere
ser in die Höhe steigt, und es mufsten sich daher me
Thermometer in derselben befinden, oder eins mit einem
fäfse von der ganzen Länge, die sie selbst hatte. Den Ei
der Luftschicht zwischen den inneren Wänden der engere
nenen Röhre und der Barometerröhre sucht zwar Gilbert
den Versuchen selbst als unschädlich darzustellen, allei
verlohnt sich der Mühe nicht, das Unzulässige hiervon da
thun. Die Elasticitäten, welche Dalton aus diesen seinen V

---

1 Vergl. Parrot bei G. XVII. 82.

2 Gilbert Ann. XV. 26. sucht manche der nothwendigen Fehl
durch hypothetische Voraussetzungen zu beseitigen, wozu aber in de
Angaben selbst kein Grund enthalten ist.

3 Traité I. 268.

chen erhielt, sind nach der Reduction von KAEMTZ gleich- ls für t in Graden nach R. und e in Par. Zollen folgende:

t	e	t	e	t	e	t	e
0	0,188	20	0,852	40	3,274	60	10,500
5	0,278	25	1,207	45	4,450	65	13,632
0	0,409	30	1,711	50	6,027	70	17,551
.5	0,590	35	2,415	55	7,987	75	22,356

Die ursprünglichen Beobachtungen DALTON's wurden bald ach ihrer Bekanntwerdung von SOLDNER [1] zur Auffindung einer llgemeinen Formel für die Elasticität der Wasserdämpfe be- utzt, indem er hierfür den allgemeinen Ausdruck fand:

$$\log. e = \log. E - \frac{(280-r)\,(80-r)}{10280}$$

worin e die gesuchte Elasticität, E die der Siedehitze zugehöri- (nach Soldner = 30,13) beide in englischen Zollen, r aber Temperatur nach R. bezeichnet. Diese Formel drückt zwar ...TON's Beobachtungen innerhalb der festen Puncte des Ther- ...meters recht gut aus, auch wird e für Grade unter 0° stets ...iner, ohne jemals ganz zu verschwinden, allein über 80° ...mt e zu bis 180°, von da an aber wieder ab, und wird bei ...0° derjenigen beim Eispuncte wieder gleich, wie SOLDNER ...bst bemerkt, und welches mit der Natur des Dampfes eben ...so wenig, als mit den Resultaten späterer genauer Beobachtun- gen bestehen kann [2]. Ich werde diese Formel daher nicht wei- ter berücksichtigen.

Um auf eben diese DALTONschen Versuche eine allgemeine Formel zu gründen, sucht BIOT [3] den Factor, womit jede gege- bene geringere Elasticität multiplicirt werden mufs, um die nächst höhere zu geben. Wäre dieser stets derselbe, so würden die Elasticitäten eine geometrische Reihe der Temperaturen bil- den. Indem er aber stets abnimmt, so geht man von den höchsten Elasticitäten zu den geringeren über, nimmt an, das Verhältnifs der Abnahme der Factoren sey constant und = K,

---

1 G. XVII. 44.

2 Auch Gilbert hat auf Dalton's Versuche eine allgemeine Formel gegründet, Ann. XV. 35., welche indefs ohne weitere Prüfung hier blofs geschichtlich erwähnt werden möge.

3 a. a. O. 272.

r der Temperatur 100—n in Graden der hunderttheiligen ... zugehörige Elasticität Fn, und erhält dann

$$F_0 = 30\ Z.$$
$$F_1 = 30\ Z. + K'$$
$$F_2 = 30\ Z. + K^2, \text{ also allgemein}$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$F_n = 30\ Z. + K^n \text{ oder}$$
$$\log. F_n = \log. 30\ Z. + n \log. K.$$

Dieses ist zwar den Versuchen nicht genau angemessen, weicht aber nicht viel davon ab, weil die Abnahme der Factoren nur langsam geschieht. Es ist indeſs auch nicht schwierig die Abnahme der Logarithmen von Fn durch eine Reihe von der Form $an + bn^2 + cn^3$ auszudrücken, indem die höheren Potenzen von n überflüssig sind, woraus dann entsteht

$$\log. F_n = \log. 30 + an + bn^2 + cn^3.$$

Um hieraus die Coefficienten zu finden, gebraucht Biot die für 100°, 75°, 50°, 25° C. gefundenen Elasticitäten, welches giebt

$$n = 0 \quad F_0 = 30\ Z \quad | \quad n = 50 \quad F_{50} = 3{,}50$$
$$n = 25 \quad F_{25} = 11{,}250 \quad | \quad n = 75 \quad F_{75} = 0{,}91$$

welche Werthe substituirt giebt

$$-\ 0{,}4259687 = 25\,a + 625\,b + 15625\,c$$
$$-\ 0{,}9330519 = 50\,a + 2500\,b + 125000\,c$$
$$-\ 1{,}5180799 = 75\,a + 5625\,b + 421875\,c$$

aus welchen drei Gleichungen

$$a = -\ 0{,}01537419550$$
$$b = -\ 0{,}00006742735$$
$$c = +\ 0{,}00000003381$$

folgen, vermittelst deren man die Formel für Grade der Centesimalscale und englische Zolle leicht allgemein machen kann, wenn man

$$\log. F_n = 1{,}4771213 + an + bn^2 + cn^3$$

nimmt, worin n für Grade unter 100° C. positiv, über dem Siedepunct aber negativ ist. Für Par. Zolle aber, wenn man das Verhältniſs 30 : 28,15 annimmt,

$$\log. F_n = 1{,}4494784 + an + bn^2 + cn^3.$$

Wäre z. B. die Elasticität des Wasserdampfes beim Gefrierpu zu finden, so wäre n = 100, und

$$\log. F_{100} = 1{,}4494784 - 2{,}1778830 = -\ 0{,}7284046$$

woraus log. e = 0,2715954—1
Elasticität = 0,1868 . . P. Z. mit der Erfahrung sehr gut
reinstimmend giebt. Um diese Formel auch für sehr hohe
rmegrade zu prüfen, wähle ich die oben von Schmidt genom-
ien, nämlich 254° und 464° R., oder nach der hunderttheí-
n Scale 317°,5 und 580° C. diese geben

og. $F_{317,5}$ = 1,4494784 — 2,9979133 = — 1,5484349
woraus log. e = 0,4515650—2
Elasticität = 0,028285 Z.

og. F_{580} = 1,4494784 — 19,2122066 = — 17,7627282
woraus log. e = 0,2372717—18

ches beides mit der Natur der Sache unmöglich bestehen
in.

Veranlafst durch Watt stellte im Jahre 1797 und 98,
ichzeitig mit Dalton auch Southern einige Reihen von Ver-
hen an, wobei er sich für die Te[illegible]raturen bis zur Siede-
ze eines ähnlichen Apparates bed[illegible] als der von Watt ge-
machte war, für die höheren aber ei[illegible] etwas veränderten pa-
pischen Digestors, und er versichert, dafs die Resultate der
zelnen Versuche unter einander eine sehr genaue Ueberein-
immung gezeigt hätten. Auf Grade nach R. und Par. Zolle
cirt sind die mittleren von ihm erhaltenen Werthe in fol-
nder Tabelle enthalten.

t	e	t	e	t	e	t	e
0,00	0,150	26,71	1,332	53,41	7,412	75,67	23,090
4,45	0,216	31,16	1,839	57,87	9,429	80,12	28,148
8,90	0,328	35,61	2,496	62,32	11,935	97,03	56,295
13,35	0,488	40,06	3,359	66,77	15,021	116,35	112,590
17,80	0,685	44,51	4,419	71,22	18,803	138,69	225,180
22,26	0,957	48,96	5,723				

Werden die Elasticitäten der höheren Thermometergrade
it den von Watt, Betancourt, Schmidt und Roupe gefunde-
en verglichen, so stimmen sie mit den ersteren sehr nahe über-
n, bleiben aber hinter den andern merklich zurück. Nach
iesen Resultaten bildet Southern eine allgemeine Formel für
ie Elasticität der Wasserdämpfe, nämlich wenn e die Elastici-
it, t die Temperatur in Graden nach Fahrenheit bezeichnet,
o ist

$$\log. E = 5{,}14 \log. T - 10{,}97427.$$

v E = e — $\frac{1}{10}$ und T = t + 52 bezeichnet [1]. Ein
g der durch die Versuche erhaltenen Werthe mit
ach SOUTHERN die Rechnung giebt, zeigt, dafs di
das Gesetz der Elasticität des Wasserdampfes innerh
der Beobachtungen sehr gut darstellt. All
ro giebt an, dafs die Elasticitäten den Logarithm
T pe uren, um eine beständige Gröfse vermehrt, pro
nal seyn sollen, welches schwerlich als allgemeines Ges
die höchsten und niedrigsten Temperaturen gelten kann
aber auch diese Formel für höhere Temperaturen zu
mögen dazu die mehrmals genommenen gewählt werden,
lich 254° und 464° R. oder 571°,5 und 1044°,0 F. Die
giebt e = 2707,5 und die letztere 77029,7 engl. Zolle
silberhöhen, oder 2540 und 72278 Par. Zolle, welche
Werthe offenbar zu grofs sind.

Zum Theil in der Absicht, die durch DALTON erha
Resultate zu prüfen, stellte A. URE [2] einige Reihen von
chen an, und bediente sich hierzu zwar ähnlicher, aber u
zweckmäfsigerer Apparate als jener. Eine heberförm
krümmte Glasröhre l L D mit fast gleich langen Schenke
für die niederen Temperaturen bestimmt, eine andere mit
aufstehenden kürzeren Schenkel und eine dritte mit schr
gendem enthielten in dem zugeschmolzenen Ende nur et
nen Zoll lang den Dampf der zu untersuchenden Flüss
während die Höhe des im offenen Schenkel zugegossenen Q
silbers durch die Differenz seiner Höhe L D die Elasticit
gab. Ein feiner, bei l umgebundener Platindraht dient
genauen Bezeichnung des ursprünglichen Standes des Que
bers; im offenen Gefäfse A aber befand sich Wasser für d
deren Temperaturen und Oel für die höheren, und ein m
ner Kugel dicht an demjenigen Ende der gebogenen
worin der Dampf eingeschlossen war, liegendes Thermo
zum Messen der Temperaturen. Die folgende Tabelle giebt
zahlreichen Versuche über die Elasticität des Wasserda
welche zur leichteren Uebersicht gleichfalls auf Grade der

Fig. 112. 113. und 114.

1 Der Ausdruck ist hier so gestellt, wie ihn Southern giebt,
aber eigentlich seyn: E = e (1 — 0,1).

2 Phil. Tr. 1818. p. 356. Schweigg. XXVIII. 329.

. Scale und auf Par. Zolle reducirt, aber zur Vermei-
ieler Decimalstellen nur bis auf 0,01 Z. genau sind

	e	t	e	t	e	t	e
6	0,158	36,94	2,636	72,55	19,80	94,81	52,86
0	0,187	39,17	3,096	74,78	22,14	96,37	56,67
6	0,234	41,40	3,593	77,00	24,30	97,03	58,08
1	0,337	43,62	4,096	79,23	27,10	99,26	63,10
4	0,390	45,85	4,756	80,12	28,15	101,49	67,84
6	0,484	48,07	5,413	82,17	31,34	103,71	73,22
9	0,591	50,30	6,192	83,68	33,35	105,94	80,97
1	0,681	52,52	7,065	85,91	36,69	108,16	87,75
4	0,806	54,75	7,975	86,49	37,62	110,39	95,61
7	0,947	56,97	9,007	88,13	40,44	112,70	105,3
9	1,097	59,20	10,13	88,35	40,81	114,84	112,7
2	1,276	61,43	11,31	90,14	43,91	117,06	121,0
4	1,538	63,65	12,74	90,36	44,30	119,29	131,1
7	1,745	65,88	14,22	91,92	47,20	121,52	141,8
9	1,970	68,10	15,86	92,58	48,51	123,74	151,3
2	2,304	70,33	17,83	93,47	50,29	124,63	156,0

m für diese Resultate eine allgemeine Formel zu erhalten,
sichtigt Ure, daſs die Elasticität des Wasserdampfes bei
. $= 30$ Z., bei $202^\circ = \frac{30}{1,23}$ Z., bei 192° F. $= \frac{30}{1,23 \times 1,24}$ Z.
t; dagegen bei 222° F. $= 30 \times 1,23$ Z., bei 232° F. $=$
1,23 $\times$ 1,22 Z. engl. Noch besser aber stimmt die Rech-
mit den Versuchen zusammen, wenn man von 210° F.
t, und von 10 zu 10 Graden eine Reihe bildet, welche
mperaturen unter 210° F. stets um 0,01 wächst, über
iber stets um 0,01 abnimmt, im ersteren Falle aber wer-
,9 Z. e. mit der Reihe der wachsenden Factoren dividirt,
zteren aber mit der Reihe der abnehmenden Factoren
licirt. Oder allgemein: wenn f die gegebene Temperatur
'. bezeichnet, so ist $\frac{210 - f}{10} = n$ und $\frac{f - 210}{10} = n'$,
sowohl n als auch n′ jederzeit bejahend gefunden wer-
uſs. Ist dann ferner

$$r = \frac{1,23 + 1,23 + 0,01\ (n - 1)}{2}$$

$$r' = \frac{1,23 + 1,23 - 0,01\ (n - 1)}{2}$$

so $\log. e = \log. 28{,}9$ Z. — $n \log. r$
und $\log. e' = \log. 28{,}9$ Z. + $n' \log. r'$
ersteres für Grade unter, lezteres für Grade über 210. W
ie Elasticität des Dampfes für 140° F. gesucht, so

$$n = \frac{210 - 140}{10} = 7;\ r = 1{,}26$$

also $\log. 28{,}9 = 1{,}46090$
$7. \log. 1{,}26 = 0{,}70259$

$\log. e = 0{,}75831$ giebt 5,732 Z.
der Versuch — 5,770 Z.

diff. — 0,038 Z.

Wollte man dagegen e' für 290° suchen, so ist

$$n' = \frac{290 - 210}{10} = 8;\ r' = 1{,}19$$

also $\log. 28{,}9 = 1{,}46090$
$8. \log. 1{,}19 = 0{,}61896$

$\log. e' = 2{,}07986$ giebt 120,02 Z.
der Versuch — 120,15 Z.

diff. — 0,03 Z.

Auch für 310° F. also 100° F. über dem Siedepuncte giebt Formel $e = 157{,}8$ Z.

Dafs diese Formel gleichfalls nicht allgemein anwen sey, um für alle Temperaturen die Elasticitäten des Wa dampfes zu berechnen, geht aus der Betrachtung hervor, für 680° F. oder 360° C. der Werth $n. \log. r = 0$ wird, welcher Temperatur daher die Elasticität des Wasserdam nicht gröfser seyn würde, als bei der Siedehitze, was mit der Erfahrung auf keine Weise übereinstimmt. Noch fallender aber ist, dafs über diese Temperatur hinaus die sticitäten sehr stark abnehmen, und bald verschwindend werden, wie es mit der Natur der Sache unvereinbar ist. indefs für höhere Grade auch mit dieser Formel eine ver chende Prüfung anzustellen, mögen die oben nach den versc denen Formeln berechneten Beispiele auch hier gewählt den, nämlich 317°,5 und 580° C. oder 671°,5 und 104 Für die erste ist

$n' = 36,15; \; r' = 1,05452$

also $\log. 28,9 = 1,46090$

$n' \log. r' = 0,8334310$

$\log. e' = 2,2943310$ giebt 197 Z.

die zweite ist

$n' = 83,4; \; r' = 0,818$

also $\log. 28,9 = 1,46090$

$n' \log. r' = 0,8236252 - 8$

$\log. e = 0,2845252 - 6$ giebt 0,00000192 Z.

le Gröfsen sind offenbar zu klein, und zwar so, dafs die nel nicht einmal für die erste Temperatur mehr zulässig ist.

Unter die neuesten und schätzbarsten Arbeiten über diesen enstand gehören ohne Zweifel die Versuche, welche im pochnischen Institute in Wien durch J. Arzberger angestellt den, nebst der Berechnung derselben und der Prüfung der chiedenen bekannten Formeln [1]. Insbesondere sind die Verhe deswegen wichtig, weil sie bis zu sehr hohen Temperan ausgedehnt wurden, woran es am meisten fehlt. Diemach wurde der gewöhnliche Apparat mit einer hohen Glasre verworfen, und ein anderer gewählt, welcher die Elastien des Wasserdampfes durch seinen Druck gegen ein Ven messen eingerichtet war. Eine knieförmig gebogene ei Röhre ABC wurde so auf drei Füfse gestellt, dafs der re Schenkel lothrecht stand, das andere schräg liegende aber bis nahe zu gleicher Höhe mit diesem anstieg. In kürzeren Schenkel C war ein stählerner Ansatz DE mit ei eingeschliffenen Kugelventile geschroben, welches beim springen durch den Stift H am Abgleiten aus seiner Oeffnung ndert wurde. Die übrigen Theile, als das Thermometer, Hebelarm und die Waagschale zum Auflegen der Gewichte an sich klar, wobei schon aus der Zeichnung ersichtlich dafs die Einrichtung eine genaue Messung des erzeugten ckes zuliefs, die Ausgangsröhre B aber war mit einem klei Druckwerke M versehen, um vermittelst desselben Wasser den Apparat zu pressen, die Röhre bei A mit dem Hahne

Fig. 115.

1 Jahrbücher des polyt. Institutes in Wien. I. 144.

aber diente zum Entweichen der anfänglich eingesch
Luft und späterhin des Dampfes zur Regulirung der V
Aus dem Querschnitte der Oeffnung des Ventils und d
stung der Kugel desselben wurde die Elasticität der Dä
rechnet, diesem die Barometerhöhe zuaddirt, und a
Weise die ganze Elasticität in Höhen der Quecksilbers
funden. Darf man hierbei die Genauigkeit der Expe
wie billig, nicht in Zweifel ziehen, so würden nach de
von BIKER und in Uebereinstimmung mit sonstigen Beol
gen die gefundenen Elasticitäten eher etwas zu niedrig
groſs seyn, im Allgemeinen aber sehr groſses Vertrauer
nen. Man weiſs nämlich, wie unglaublich schwer es hä
durch die sorgfältigste Arbeit aufgeschliffene Ventile z
ten, welche absolut genau schlieſsen, und wenn etwa
entweicht, so geht die Elasticität leicht unter diejenig
welche der beobachteten Temperatur zugehört. Es wi
noch auſserdem bemerkt, daſs zur genauen Bestimm
Temperatur durch einen vorläufigen Versuch ohngefäh
nige Thermometerstand gefunden sey, bei welchem da
mit einer gegebenen Last beschwert, aufgeschlagen wur
daſs demnächst durch Eröffnen des Hahns bei A und
bewirktes Ausströmen von etwas Dampf man den The
terstand fast stationär erhalten habe. Diese Bedingung
ten also auf eine geringere Elasticität als diejenige, wel
Temperaturen genau zugehört. Auf der anderen Seite
gleichfalls bekannt, daſs in der Regel, wie langsam u
sichtig auch die Erwärmung betrieben wird, denno
Dämpfe leichter die Hitze annehmen, als die gebrauchte
mometer, weswegen die Elasticitäten leicht höher gefunde
den, als die den Temperaturen zukommen. Indem ab
beiden Ursachen von Fehlern einander entgegengesetz
ohnehin aber versichert wird, daſs mehrere Versuche se
bedeutend abweichende Resultate geliefert hätten, so
wir die erhaltenen für einen höchst schätzbaren Beitrag z
klärung und Begründung einer wichtigen physikalische
halten. Folgendes sind die im Mittel aus mehreren Ve
erhaltenen Werthe, wenn e die Elasticität in Par. Zoll
Verhältniſs des Pariser zum Wiener = 144 : 140,13 g
und t die Temperatur nach Graden der achtzigth. Scale b

t	e	t	e	t	e
80,0	28,005	107,5	82,151	151	300,98
89,0	41,114	129,0	164,22	178	574,53
96,5	54,797				

Die allerneuesten Versuche über die Elasticität der Dämpfe
hristian [1] angestellt. Sein Apparat bestand im Wesentli-
aus einem sehr genau polirten Stiefel mit einem Embolus,
ı Reibung durch ein Gegengewicht compensirt wurde,
ınd die Kraft der ihn hebenden Dämpfe aus dem Gewichte
egter Bleicylinder, nach dem Flächeninhalte desselben
ınet, sich ergab, ihre absolute Elasticität aber aus diesen
:hten und dem gleichzeitig beobachteten Luftdrucke. Die
eratur zeigte ein in dem Dampferzeuger befindliches Ther-
ter. Obgleich ein solcher Apparat keine absolut genaue
tate geben kann, und daher auch die in den einzelnen
ıchsreichen gefundenen Gröfsen zwar in jeder Reihe für
nach einem scheinbar richtigen Gesetze fortschreiten, die
eren aber mit verschiedenen Kolben von ungleichen Ober-
en erhaltenen Werthe so bedeutend abweichen, dafs man
t füglich einen mittleren aus ihnen bilden kann; so sind
loch in so fern schätzbar, als sie die wachsende Elasticität
Wasserdampfes gerade unter denjenigen Bedingungen zei-
, welche bei den Dampfmaschinen in Anwendung kommen.
mit diesem Apparate nur die Elasticitäten über dem Siede-
te gemessen werden konnten, versteht sich von selbst, in-
reichen sie nur bis 170° C., obgleich zu wünschen wäre,
Christian sie noch weiter ausgedehnt hätte, weil es eben
die höheren und sehr hohen Temperaturen so sehr an Ver-
ıen fehlt. Die Resultate aus seiner letzten, anscheinend ge-
sten und umfassendsten Versuchsreihe auf Grade nach R.
Quecksilberhöhen in Par. Zollen reducirt enthält die fol-
e Tabelle von 88° R. bis 128°, aus der vorletzten aber für
} und 128° bis 136°, wobei es aus der oben angegebenen
:he nicht auffallen kann, dafs bei 128° die Elasticitäten in
ınfangenden zweiten Versuchsreihe erst abnehmen, und
nach einem dem früheren ähnlichen Gesetze fortschreiten.

---

[1] Méc. ind. II. 227.

Beide sind indeſs, mit den Arzbergerschen verglichen, vorzüglich in den höheren Temperaturen etwas zu groſs.

t	e	t	e	t	e
84,8	34,447	104,0	74,390	120,0	133,94
88,0	38,788	104,8	76,334	120,8	137,76
88,8	40,020	105,6	79,782	121,6	142,56
89,6	41,251	106,4	83,105	122,4	145,03
90,4	42,728	107,2	85,813	123,2	148,72
91,2	44,205	108,0	88,275	124,0	153,27
92,0	45,486	108,8	91,598	124,8	157,09
92,8	47,539	109,6	94,029	125,6	161,15
93,6	49,007	110,4	97,507	126,4	165,96
94,4	51,099	111,2	100,09	127,2	169,89
95,2	52,699	112,0	102,68	128,0	175,43
96,0	54,422	112,8	105,51	128,8	170,41
96,8	55,531	113,6	108,09	129,6	176,59
97,6	57,754	114,4	111,05	130,8	182,77
98,4	59,346	115,2	114,13	132,0	188,95
99,2	61,316	116,0	117,21	132,8	195,13
100,0	63,286	116,8	120,28	134,0	201,31
100,8	64,886	117,6	123,48	134,4	207,49
101,6	67,348	118,4	127,05	135,2	213,67
102,4	69,564	119,2	130,25	136	219,85
103,2	72,026				

Aus der Vergleichung dieser Gröſsen findet Christian, daſs die Elasticität des Dampfes beim Siedepuncte mit 1,032 multiplicirt diejenige giebt, welche zu 101° C. gehört, und daſs durch Multiplication jeder folgenden mit diesem nämlichen Coefficienten die nächstfolgende gefunden werden kann. Setzt man daher die Thermometergrade nach C. = n, so giebt die Formel:

$$E = 28 \times 1{,}032^{\,n-100}$$

die Elasticität des Wasserdampfes in pariser Zollen Quecksilberhöhe. Daſs diese Formel die durch Beobachtung gefundenen Werthe auch innerhalb der engen Grenzen der angestellten Versuche nicht genau giebt, fand Christian selbst, noch mehr aber muſs dieses bei höheren Wärmegraden der Fall seyn. Zur Vergleichung mögen die gewählten Temperaturen, nämlich 317°,5 und 580° C. dienen, welche erstere 22192, letztere aber 67077000 P. Z. geben, beide nach genaueren Beobachtungen und der Natur der Sache nach viel zu groſs.

iot [1] erwähnt neben den Versuchen von Ure noch neue-
ı Taylor, und meint, dafs sie die Elasticitäten des
es in den Temperaturen über dem Siedepuncte richtiger
n, als die von ihm nach Dalton's Beobachtungen ent-
ıe Formel. Werden die von Biot angegebenen Gröfsen
ade des achtzigtheil. Thermometers und auf Paris. Zolle
t, so giebt dieses folgende Gröfsen.

e	t	e	t	e
28,14	104	72,87	120	129,73
53,64	112	97,38	128	168,42

ie ersten Werthe stimmen mit der nachfolgenden Tabelle
nmen überein, die beiden letzteren aber geben gleich-
e Elasticitäten etwas gröfser an.

ndere minder wichtige und umfangende Versuche ver-
nur der Vollständigkeit wegen historisch erwähnt zu
n. Hierher gehören zwei Versuche von J. T. Mayer [2],
ı er zur Prüfung des Daltonschen Gesetzes anstellte, und
er die Elasticitäten des Wasserdampfes für 93° und
R. = 51,2 und 81,2 Par. Z. fand, mit Arzberger's Ver-
n nur nahe übereinstimmend. Eben dieses gilt von den
en des Héron de Villefosse [3], welcher für 97°,8 R.
osphären, für 111°,1 aber 3 Atm. und für 121°,3 endlich
osphären gefunden haben will. Die erste dieser Gröfsen
t mit Arzbergers Versuchen genau überein, die beiden
ren aber sind kleiner, welches um so merkwürdiger ist,
e anderen bisher erwähnten Resultate die durch jenen ge-
nen übertreffen. Ich selbst habe bei den Untersuchun-
ber die Dichtigkeit des Wasserdampfes [4] innerhalb der
raturen von — 10° bis 50° R. vermittelst der in einem
ıen Ballon eingeschlossenen Wasserdämpfe die Elasticitä-
ı einem kleinen Heberbarometer gemessen, und da die
htungen unter dem Eispuncte selten sind, so mögen die
ren Resultate von — 10° bis 30° R. nach der oberen Be-
ungsart hier Platz finden, obgleich alle auf diese Weise

Précis élémentaire de Phys. Par. 1824. 2 Vol. 8. II. 777.
Comm. de vi elast. vapor. p. 20.
de la Richesse minérale Par. 1819. 4. III. 87.
Physikalische Abhandlungen. Giessen 1816. 8. p. 195.

erhaltenen Werthe der unvermeidlichen, und hier nicht mitberechneten Capillardepression wegen zu grofs seyn müssen, wie dieses sich auch aus einer Vergleichung mit den durch Rechnung gefundenen ergiebt.

t	e	t	e	t	e	t	e
— 10	0,090	0	0,170	10	0,447	20	0,958
— 5	0,126	5	0,276	15	0,675	30	1,138

Gay-Lussac [1] bediente sich zum Messen der Elasticität des Dampfes unter dem Gefrierpuncte eines Barometers, brachte über das Quecksilber eine geringe Quantität der prüfenden Flüssigkeit, nach Dalton's Methode, senkte dann das vorher schon in einen Winkel von etwa 80° gebogene obere Ende des Barometers in ein Gefäfs mit Eis, und verglich den Stand desselben mit einem in das nämliche Gefäfs gesenkten Controlebarometer. Nach Christian [2] fand er die Elasticität des Wasserdampfes bei 0° = 0,18684 P. Z. und bei — 15°,67 = 0,05 P. Z., beide Gröfsen von der nachfolgenden Tabelle bedeutend, Letztere jedoch am meisten abweichend, und zwar beide merklich zu grofs, wie sich nicht anders erwarten läfst. Es leuchtet nämlich von selbst ein, dafs auf diese Weise für kleine Gröfsen keine genaue Resultate erhalten werden können, theils weil das nicht in die kaltmachende Mischung gesenkte und folglich wärmere Quecksilber den gebildeten und dasselbe berührenden Dämpfen Wärme zuführt, theils weil die Capillardepression einen zu bedeutenden Einflufs hat.

Poisson [3] erwähnt, dafs Clément ihm dafs Resultat eines Versuches mitgetheilt habe, worin er die Elasticität des Wasserdampfes bei 215° C. oder 172° R. = 35 Atmosphären gefunden habe. Die Genauigkeit dieser Bestimmung läfst sich zwar nicht aus sich selbst prüfen, da die Art, wie dieselbe gefunden wurde, nicht angegeben ist. Indefs giebt die nachfolgende Tabelle für diese Temperatur nicht mehr als 18 Atmosphären, und ist also jene Bestimmung fast um das Doppelte zu grofs.

Um vergleichbare Versuche über die Elasticität verschiede-

1 Despretz Traité. p. 111. Biot Traité I. 286.
2 Méc. indust. II. 185.
3 Ann. C. P. XXIII. 407.

ser Dampfarten anzustellen, schlägt Gay-Lussac [1] vor, mehrere Barometerröhren mit Quecksilber, in deren oberem Raume ich kleine Quantitäten der Flüssigkeiten befinden, mit ihren unteren Enden in ein gemeinschaftliches Gefäfs mit Quecksilber u senken, sie alle zugleich zu erwärmen, und die Depressionen des Quecksilbers zu vergleichen. Ein solcher Apparat ist ganz sinnreich ausgedacht, fänden nur nicht gegen diese Daltonsche Methode so viele von Mayer [2] und andere genugsam nachgewiesene Einwendungen statt. Ich selbst habe mich solcher Apparate oft bedient, aber nie genaue, oder auch nur unter einander hinlänglich nahe übereinstimmende Resultate damit erhalten können.

Nach dieser umfassenden Zusammenstellung der vorzüglichsten Versuche über die Elasticität überhebe ich mich der Mühe, auch noch diejenigen mitzutheilen, welche De Luc [3], ...en [4] u. a. angestellt haben, indem sie den Siedepunct des Wassers bei abnehmendem Barometerstande auf hohen Bergen oder unter dem Recipienten der Luftpumpe beobachteten, um daraus die Elasticität des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen unter dem eigentlichen Siedepuncte des Thermometers zu bestimmen, indem ohnehin wegen vielfach einwirkender Bedingungen auf diesem Wege keine genauen Resultate erhalten sind.

Außer den schon erwähnten Formeln zur Berechnung der Elasticitäten der Wasserdämpfe sind noch einige andere angegeben, welche nicht auf eigene, sondern fremde Beobachtungen gegründet wurden. Hauptsächlich benutzte Soldner [5] die durch Dalton angestellten Versuche, und entwickelte daraus für die Elasticitäten des Wasserdampfes die Formel

$$\log. E = \log. e + 0{,}1365\ u.\ \log.\ (1{,}3802 - 0{,}00253\ u)$$

welche mit der von La Place [6] auf eben diese Versuche gegründeten, aber *nach* Soldner's erster Abhandlung erst bekannt

---

1 Biot Traité. I. 287.

2 De lege vis elast. vaporum in Comm. Soc. Reg. Gott. I.

3 Unters. über d. Atmosph. d. Ueb. II. §. 875.

4 N. Journ. I. 62 u. 114. Handbuch d. Naturl. p. 379.

5 G. XVII. 44 ff. XXV. 411.

6 Méc. Cel. IV. 273.

gewordenen bis auf die Constanten identisch ist. Nach LA PLAC heifst sie nämlich

$$E = 0^m,76 . (10)^{i. 0,0154547 - i^2. 0,0000625826},$$

oder wenn die Elasticität bei der Siedehitze e heifst, und d Formel in Logarithmen ausgedrückt wird

$$\log. E = \log. e + i\,(0,0154547 - i. 0,0000625826),$$

worin i die Thermometergrade der hunderttheiligen Scale üb 100° bezeichnen, welche also bei der Anwendung für die Ten peraturen über dem Siedepuncte positiv und unter demselb negativ zu nehmen sind. Wird diese für Grade der achtzigth ligen Scale = u, gleichfalls über dem Siedepuncte bejahe und unter demselben verneinend zu nehmen, abgeändert [1], heifst sie:

$$\log. E = \log. e + u\,(0,0193184 - u. 0,0000977853).$$

LA PLACE sagt selbst, dafs die Formel für — i = ∞, aber f + i nur bis = 50° oder 60° ausreicht, (welches übrigens n heifst, dafs dann die wachsenden Elasticitäten wieder abzuneh men anfangen, denn nach LA PLACE's Formel ist bei 277°,6 un nach SOLDNER's bei 230° R. über der Siedehitze die Elasticit des Wasserdampfes der des kochenden Wassers wieder gleich und es folgt also hieraus, dafs beide Formeln nicht allgeme gültig seyn können. Von den beiden oben gewählten Tempera turen, nämlich 317°,5 und 580° C. oder 254° und 464° F kann also nur noch die erstere nach LA PLACE's Formel berech net werden, und giebt die Elasticität des Wasserdampfes = 126,8 Par. Z. Die höchste Temperatur giebt nach derselbe eine verschwindend kleine Elasticität, ein der Natur der Sach widerstreitendes Resultat. Beide Temperaturen geben aber nac SOLDNER's Formel negative Elasticitäten, welches unmöglich is

POISSON in seiner oben erwähnten Abhandlung üb das Verhalten der Gasarten und Dämpfe überhaupt [2] find für die Elasticität des Wasserdampfes die Formel

$$E = 0^m,76 . \left(\frac{266,67 + t}{366,67}\right)^{14,65}$$

worin t die Wärmegrade nach C. bedeutet, die Elasticität

---

1 Arzberger a. a. O.

2 Ann. C. P. XXIII. 346.

ıber in Quecksilberhöhen nach Metres gefunden wird. Für Temperaturen beim Eispuncte und unter demselben stimmt diee zwar mit der Erfahrung sehr nahe überein, allein Poisson ;esteht selbst, dafs sie für höhere sehr von den Resultaten der Beobachtungen abweicht. So giebt dieselbe für 170° C. eine Elasticität von 13 Atmosphären statt 8, für 215° C. aber giebt ie 54 Atmosphären statt der 35 durch Clément im Versuche efundenen, ungeachtet auch diese letztere Angabe nach den ben angegebenen Gründen viel zu hoch ist, und die nachfolende Tabelle hierfür nur 18 Atmosphären giebt. Unter die ehaltreichsten Untersuchungen über das Verhalten der Dämpfe berhaupt gehört diejenige, welche J. T. Mayer hauptsächlich ur Prüfung des unten zu erwähnenden Dalton'schen Gesetzes iber dieselben anstellte [1]. Sie schliefsen sich an die zuletzt genannten von Poisson an, unterscheiden sich aber von den übrigen in so fern, als die das Gesetz der Elasticität der Dämpfe ausdrückende Formel nicht blofs aus den Resultaten der Versuche durch Interpolation gefunden wird, sondern die anderweitig bekannten Gesetze des Verhaltens der expansibelen Flüssigkeiten überhaupt dabei berücksichtigt sind. Der Gang dieser Betrachtungen ist im Wesentlichen folgender.

Man darf im Allgemeinen annehmen, dafs die Elasticitäten der Dämpfe im zusammengesetzten Verhältnisse ihrer Dichtigkeiten und Temperaturen stehen. Heifsen also die Dichtigkeiten, Elasticitäten und Wärmen D, d; E, e; V, v, so ist E : e = DV : dv. Nimmt man ferner das Volumen U, so wird unter der Voraussetzung, dafs die Ausdehnungen der Wärme genau proportional sind, U : u = V : v, und mäfse man die Temperaturen der Dämpfe vermittelst eines Thermometers, worauf die angegebene Bedingung pafst, so würde E : e = DU : du seyn. Das Quecksilberthermometer erfüllt diese Bedingung nicht genau, und nur innerhalb der beiden festen Puncte seiner Scale mit unmerklicher Abweichung; indefs sind die Differenzen so geringe, dafs man dasselbe unbedenklich als ein richtiges Mafs der Wärme annehmen kann.

---

[1] Comment. de lege vis elasticae vaporum in Comm. Soc. Gott. 1809.

Zugleich ergeben die Beobachtungen, daſs die Ausdehnung der expansibelen Flüssigkeiten für einen Grad der achtzigtheil. Scale $\frac{1}{213}$ des Volumens, dasselbe als Einheit genommen, beträgt. Nennt man diese Gröſse A, und bezeichnet die Temperaturen nach R. mit T und t, so ist $E : e = D\,(1 + AT) : d\,(1 + At)$. Es wird ferner die Dichtigkeit der Dämpfe allerdings eine Function der Temperatur seyn, und zwar in der Art, daſs die erstere mit der letzteren stets wächst; allein dieses kann nicht bis ins Unendliche fortgehen, weil sonst die Dichtigkeit ins Unendliche wachsen müſste. Ferner muſs aber selbst bei 0° der Temperatur noch eine gewisse geringe Dichtigkeit statt finden, und dieselbe niemals negativ werden, weil dieses unmöglich ist. Setzt man voraus, daſs es unter 213° R. keine Wärme mehr giebt, oder daſs hierbei der absolute Nullpunct liege [1], so geschieht allen diesen Bedingungen Genüge, wenn allgemein die

Dichtigkeit $\delta = \dfrac{\frac{\alpha}{\gamma}}{e^{(1+At)m}}$ gesetzt wird, worin α, γ und m durch Versuche zu bestimmen sind, e aber die Basis der hyperbolischen Logarithmen bezeichnet. Wird in diese Formel eine Constante eingeführt, so ist die Formel für die Elasticität der Dämpfe

$$E = \mu\,\alpha\,(1 + At)\,e^{\frac{-\gamma}{(1+At)\,m}}$$

und da die Versuche ergeben, daſs m = 1 seyn muſs, so ist einfacher

$$E = \mu\,\alpha\,(1 + At)\,e^{\frac{-\gamma}{1+At}},\ \text{oder}$$

$$E = \frac{\mu\,\alpha}{213}\,(213 + t)\,e^{\frac{-213\gamma}{213+t}},\ \text{also}$$

$$\log. E = \log. \frac{\mu\,\alpha}{213} + \log. (213 + t) - \frac{213\,\gamma\,\log. e}{213 + t}.$$

---

[1] Es ist oben, S. *latente Wärme des Dampfes*, gezeigt, daſs der absolute Nullpunct bei — 640° C. = — 512° R. liegen müsse. Es ist merkwürdig, daſs beide sehr abweichende Bestimmungen aus der Natur der expansibelen Flüssigkeiten folgen.

l, die beständigen Gröſsen hierin durch B und C bezeichnet endlich

$$\log. E = B + \log. (213 + t) - \frac{C}{213 + t}.$$

...yer findet aus Schmidt's Beobachtungen die Constanten die-· Formel so, daſs sie bei Wasserdampf für Grade nach Réau-ir und Quecksilberhöhen in Par. Zollen

$$\log. E = 4{,}2860 + \log. (213 + t) - \frac{1551{,}09}{213 + t}$$

rd. Arzberger bestimmt dieselben aus den Resultaten seiner rsuche bei sehr hohen Temperaturen, und findet sie

$$\log. E = 2{,}8435 + \log. (213 + t) - \frac{847{,}3}{140 + t}$$

r Grade nach R. und Quecksilberhöhen in Wiener Zollen. ie Reduction der letzteren giebt

$$\log. E = 2{,}83165 + \log. (213 + t) - \frac{847{,}3}{140 + t}.$$

Prüfen wir auch diese Formel nach den oben gewählten Temperaturen, nämlich 254° und 464° R., so giebt die erstere ...41, die letztere 18165 Z. Quecksilberhöhe, beide Gröſsen durchaus von der Art, daſs sie mit den Gesetzen der Natur sehr gut bestehen können.

L. F. Kaemtz in seiner mehrmals erwähnten Abhandlung [1] befolgt zur Auffindung einer allgemeinen Formel für die Elasticitäten der Dämpfe zwar im Allgemeinen die von Biot vorgeschlagene Methode, ändert das Verfahren indeſs in mehrfacher Hinsicht ab, auf eine ähnliche Weise, als bei der Bestimmung des Gesetzes der Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten die von Biot gefundene Formel durch Paucker abgeändert ist [2]. Zuerst legt er nicht die Resultate der Dalton'schen Versuche allein zum Grunde, sondern für die niederen Temperaturen die von Dalton, Ure und Southern, für die mittleren und höheren aber die von Ure, Biker und Schmidt, giebt aber letzteren nicht gleiche Wahrscheinlichkeit, sondern nach der,

1 Schweigg. N. R. XII. 424.
2 Vergl. *Ausdehnung* I. 603.

indung des mittleren wahrscheinlichen Werthes
mehrer Beobachtungen geeigneten, Formel

$$m = \frac{a\alpha + b\beta + c\gamma + d\delta + \ldots}{\alpha + \beta + \gamma + \delta + \ldots}$$

die Beobachtungen von Biker, Schmidt und Ure a
-, en letzteren aber einen doppelten Werth der Genau
ke em $\alpha = \beta = 1$, γ aber $= 2$ genommen wird. I
ses hren liefert von 0° bis 120° R. die mittleren We
genannten Versuchsreihen, welche allerdings nach
regelmäfsigen Gesetze fortschreiten. Anstatt a
dann, nur 4 Versuche zur Bestimm
der aten zu wählen, deren Fehler sich natürlich
die mel einschleichen, und die weiter abliegenden Bere
a so mehr unrichtig machen müssen, je weiter
von n berechneten Beobachtungen entfernt liegen, nin
Kae lle 16 Beobachtungen von 5 zu 5 Graden zwischen
und)° zur Bestimmung der Coefficienten auf, und su
rgegangener Reduction auf Par. Duodecimallin
htzigtheil. Scale die Coefficienten der Biotsc
Formel

$$\log. F_n = \log. 336''' + an + bn^2 + cn^3$$

aus allen 16 mittleren Werthen der Beobachtungen nach d
Methode der kleinsten Quadrate, und erhält hierdurch

$$\log. F_n = 2{,}5263393 - 0{,}01907612588\,n - 0{,}00010296015\,n^2 - 0{,}00000004731\,n^3$$

worin n die Temperaturen nach Graden des achtzigtheilig
Thermometers, unter dem Siedepuncte bejahend, über de
selben verneinend, bezeichnet. Die Berechnung der Elastic
täten nach dieser Formel bestätigt indefs keineswegs die M
nung Biot's, dafs man nämlich im allgemeinen Ausdrucke
die Elasticitäten des Wasserdampfes der höheren, über die dr
te hinausgehenden Potenzen der Temperaturen nicht bedü
indem zwar bis zur Siedehitze die berechneten Werthe mit
beobachteten sehr genau übereinstimmen, über diesen Pu
aber die Differenzen, für die berechneten stets verneinend,
gelmäfsig so stark wachsen, dafs sie für 120 Grad schon 27
Par. Lin. oder 22,5 Z. also 0,75 Atmosphären betragen. D
wegen nimmt Kaemtz auch noch die vierte Potenz von n

f, bestimmt auf gleiche Weise die Coefficienten, und findet nn

$$\log. F_n = 2{,}5263393 - 0{,}01950230219\,n - 0{,}00007404868\,n^2 - 0{,}00000066252\,n^3 + 0{,}00000000399\,n^4.$$

Diese Formel giebt zwar allerdings geringere Differenzen, ein sie nehmen jetzt für die Berechnung über 80° R. positiv ts wachsend so zu, dafs sie bei 120° schon 128 Par. Lin., o 10,65 Z. betragen, mithin nahe 0,4 Atmosphären.

Um auch diese Formel für die schon mehr in Rechnung ommenen höheren Temperaturen zu prüfen, sey t und t' = 4° und 464° R., wonach also n = — 174 und — 384 wird. e erstere Temperatur giebt die Elasticität des Dampfes nahe u = 5572700000 Par. Z. Die letztere aber giebt den Lothmus der Elasticität in Zollen = 113,9443581. Diese mel führt also zwar nicht auf geometrisch erweisliche Unmtheiten, hat auch nicht den Fehler, dafs die Elasticitäten h derselben wieder abnehmen, und zuletzt verschwindend n werden, wie nach der von Biot gefundenen, allein dench zeigen die angestellten Berechnungen, dafs die schon von bis 120° stets zunehmenden positiven Differenzen der Rechn und Beobachtungen mit der Zunahme der Temperatur ins Unermefsliche wachsen, dafs man unmöglich das richtige etz des Verhaltens der Wasserdämpfe durch sie ausgedrückt en kann.

Endlich verdient noch erwähnt zu werden, dafs einige anmen, die Elasticität der Dämpfe werde verdoppelt, wenn Temperatur um eine gewisse Menge Grade wächst, man möusgehen, von welcher Temperatur man wolle. Wäre dieses klich der Fall, so würde die Formel für die Elasticität der mpfe seyn

$$E = H \times 2^{\frac{z - 100}{s}},$$

nn H die Barometerhöhe, z die gegebene Temperatur in Cenimal - Graden und s diejenige Menge der Grade nach der nämhen Scale bezeichnet, welche eine Verdoppelung der Elastiität hervorbringt. Nach Evans soll s = 16° $\frac{2}{3}$ C. nach Chri-

aber = 22° C. seyn. Bringt man die Formel
k

$$E = H \times 10^{0,30103\,\frac{z'}{s}}$$

wobei z' vom Siedepuncte an gezählt wird, so kommt
der von La Place gegebenen nahe überein, und es
$s = 16°\tfrac{2}{3}$ C.

$$E = H \times 10^{0,0180618\, z'},$$

für s = 22°

$$E = H \times 10^{0,01364734\, z'};$$

allein Marestier[2], welcher diese Formel zu einem ander
ke benutzt, findet sie nicht mit der Erfahrung übereinst
und eben dieses folgt genugsam aus den bisher angestel
tersuchungen, so dafs also eine weitere Widerlegung di
gestellten Gesetzes überflüssig seyn würde[3].

Ueberblicken wir nunmehro die sämmtlichen bishe
suchten Formeln, und fragen, welche von ihnen das Ge
Elasticitäten des Wasserdampfes für alle Temperaturen
stellen im Stande sind, so fallen einige derselben vo
weg, weil sie auf Ungereimtheiten führen. Dahin ge
von Prony und Soldner, und für Temperaturen unte
die von Schmidt; andere sind von der Art, dafs sie die
citäten in höheren Graden wieder abnehmen lassen, w
nicht geradezu ungereimt genannt werden kann, allein s
alle denkbare Wahrscheinlichkeit streitet, dafs es au
Weise annehmbar ist, und dieses um so weniger, als die
geringe Elasticität des Wasserdampfes schon bei Tempe
statt finden müfste, welche ohne Zweifel in der Natu
mentlich beim Verpuffen des Knallgases vorkommen.
gehört die von Biot, La Place und Ure. Noch ander
die Elasticitäten bei zunehmenden hohen Temperaturen
wachsen, wie dieses nach wirklichen Beobachtungen d
nicht ist, und mit höchster Wahrscheinlichkeit bei Tempe
welche aufser den Grenzen bisheriger directer Beobac

---

1 Méc. ind. II. 240.
2 a. a. O. p. 226.
3 Vergl. oben: *Latente Wärme des Dampfes.*

n, noch minder statt finden kann. Hierhin gehört vor al-
Dingen die von Kaemtz, weit weniger aber die von Schmidt
noch weniger die von Southern. Die einzige Formel also,
he bloſs in dem Falle auf unmögliche Werthe führen wür-
wenn man annehmen wollte, es fände unter — 218° R.
Wärme statt, oder der absolute Nullpunct läge noch tiefer
ei dieser Temperatur, welche übrigens für die höheren und
sten bis jetzt in den Versuchen angewandten Temperaturen
directen Beobachtungen am genauesten übereinstimmende,
auch für noch höhere Temperaturen keine unwahrschein-
n Resultate giebt, ist die von Mayer. Dabei ist nicht zu
sehen, daſs alle Formeln für die Temperaturen innerhalb
festen Puncte des Thermometers, und, mit Ausnahme der
midtschen, auch für Grade unter dem Gefrierpuncte solche
the der Elasticitäten geben, welche mit den Beobachtungen
genau übereinstimmen. Es dringt sich daher von selbst
Frage auf, ob Beobachtungen bei niederen, mittleren und
der hohen Temperaturen überhaupt das Gesetz des Wachsens
Elasticitäten des Wasserdampfes so angeben, daſs auf die-
ben eine überhaupt sowohl für die niedrigsten als auch höch-
n Temperaturen passende Formel gegründet werden kann?
die niederen und niedrigsten Temperaturen kann die Frage
scheinlich bejahet werden, weil in diesen der Dampf seine
nicht ändert, für die höheren und höchsten aber glaube
dieselbe verneinen zu müssen. Wäre dieses möglich, so
te die viergliedrige Formel von Kaemtz gewiſs zum Ziele
n, allein da diese noch allem Anscheine nach sehr weit
von entfernt ist, so kann man billig fragen, wie viele Glieder
in die Formel aufnehmen müſste, um das Gesetz des Fort-
ges vollkommen genau auszudrücken? Ohne Zweifel eine
ße Menge, wobei die Werthe der letzten mit zunehmender
peratur erst von Einfluſs wären, und weil diese überhaupt
nur aus den Beobachtungen gefunden werden könnten, so
de allezeit die Formel nicht über die Grenze der wirklichen
achtungen reichen, und somit der Forderung nicht Genüge
stet werden. Mayer [1] hat dieses schon angegeben, allein

---

[1] a. a. O. p. 27.

mit der Ursache, woraus er diese Eigenthümlichkeit abzul
geneigt ist, nämlich weil der höhere Druck der schon geb
ten Dämpfe der neuen sich bildenden Wasserpartikeln ein
wachsendes Hindernifs der Verwandlung in Dampf entg
setze, bin ich nicht einverstanden, indem ich den Grund
mehr darin suchen möchte, dafs mit stets wachsenden so
Drucke als auch Dichtigkeit der Dämpfe diese letzteren e
veränderten Aggregatzustande stets näher kommen, ode
andern Worten, sie nähern sich stets mehr dem tropfbar fl
gen Wasser, bei welchem das Gesetz der Ausdehnung und
sticität ein ganz anderes ist, als bei den Dämpfen. Indem
Naturerscheinungen auf nothwendigen Gesetzen beruhen, s
fse sich auch diese, anscheinend davon abweichende, viell
nach La Place's oben mitgetheilten Vorstellung von der N
der Dämpfe auf den Conflict der gegenseitigen Anziehung
Abstofsung der Elemente der Dämpfe und der Wärmetheil
zurückführen, wenn dieses nicht auf zu viel Hypotheti
hinausliefe.

Da es in mehrfacher Beziehung höchst wichtig ist,
Elasticitäten des Wasserdampfes sowohl bei niederen als
bei höheren Temperaturen zu kennen, zur Berechnung de
ben aber die von Mayer gegebene Formel sich vorzüglich
eignet zeigt, für niedere und mittlere Grade des Thermom
aber die Beobachtungen mit denen nach dieser Formel erh
nen so genau übereinstimmende Resultate geben, so enthält
nachstehende Tabelle diese Elasticitäten nach Mayer's For
sowohl für Pariser Zolle als auch für Atmosphären nach Gr
der achtzigtheiligen Scale berechnet.

Die Constanten in dieser Formel sind blofs aus den Re
taten der Versuche von Arzberger entnommen, welche nur
denen von Watt erhaltenen übereinstimmen, von allen übr
aber mehr oder weniger in so fern abweichen, dafs sie die
sticitäten des Dampfes geringer angeben. Man darf also b
fragen, warum nicht lieber aus diesen und andern genauen V
suchen die mittleren Werthe genommen sind. Es schien
indefs rathsamer, mich auf die Resultate der Wiener Vers
allein zu beschränken, theils weil diese allerdings auf einen
hen Grad der Genauigkeit Ansprüche haben, theils weil sie
weitem bis zu den höchsten Temperaturen ausgedehnt sind,

:h weil nach der von den übrigen Beobachtern gebrauchten
›de die Elasticitäten leicht zu groſs gefunden werden, die
ichungen im Allgemeinen verhältniſsmäſsig nicht bedeu-
ind, und es in der Anwendung, namentlich auf die Dampf-
inen besser ist, wenn die Theorie die Elasticitäten etwas
ringe als etwas zu groſs angiebt. Uebrigens werden die
lichen Wiener Beobachtungen zugleich mit der dem Sie-
cte des Thermometers zugehörigen Elasticität, so weit sie
von einander abstehen, durch Rechnung nach dieser For-
› genau ausgedrückt, als man nur immer erwarten kann.

t	Elastic. P. Zolle	t	Elastic. P. Zolle	t	Elastic. P. Zolle
—50	0,0000	2	0,1038	30	1,7106
45	0,0001	1	0,1154	31	1,8368
40	0,0004	0	0,1282	32	1,9709
35	0,0013	+ 1	0,1422	33	2,1130
30	0,0025	2	0,1575	34	2,2636
29	0,0029	3	0,1741	35	2,4231
28	0,0034	4	0,1923	36	2,5921
27	0,0040	5	0,2122	37	2,7707
26	0,0047	6	0,2337	38	2,9594
25	0,0055	7	0,2571	39	3,1589
24	0,0064	8	0,2825	40	3,3694
23	0,0074	9	0,3101	41	3,5915
22	0,0086	10	0,3398	42	3,8255
21	0,0099	11	0,3721	43	4,0723
20	0,0114	12	0,4069	44	4,3320
19	0,0131	13	0,4445	45	4,6054
18	0,0150	14	0,4850	46	4,8930
17	0,0172	15	0,5286	47	5,1952
16	0,0196	16	0,5755	48	5,5128
15	0,0224	17	0,6260	49	5,8463
14	0,0255	18	0,6801	50	6,1963
13	0,0289	19	0,7383	51	6,5634
12	0,0328	20	0,8500	52	6,9483
11	0,0371	21	0,8672	53	7,3514
10	0,0418	22	0,9386	54	7,7736
9	0,0471	23	1,0149	55	8,2158
8	0,0530	24	1,0963	56	8,6784
7	0,0595	25	1,1833	57	9,1623
6	0,0667	26	1,2761	58	9,6679
5	0,0747	27	1,3747	59	10,196
4	0,0835	28	1,4799	60	10,748
3	0,0934	29	1,5917	61	11,323

t	Elastic. P. Zolle	Atmosph.	t	Elastic. P. Zolle	Atm
62	11,924	—	106	77,827	2,7
63	12,561	—	107	80,620	2,8
64	13,204	—	108	83,489	2,9
65	13,884	—	109	86,437	3,0
66	14,593	—	110	89,464	3,1
67	15,331	—	111	92,576	3,3
68	16,099	—	112	95,770	3,4
69	16,598	—	113	99,051	3,5
70	17,729	—	114	102,42	3,6
71	18,592	—	115	105,87	3,7
72	19,489	—	116	109,42	3,9
73	20,422	—	117	113,05	4,0
74	21,389	—	118	116,78	4,1
75	22,393	—	119	120,60	4,3
76	23,435	—	120	124,52	4,4
77	24,516	—	121	128,54	4,5
78	25,635	—	122	132,65	4,7
79	26,797	—	123	136,87	4,8
80	28,000	1,0000	124	141,19	5,0
81	29,246	1,0444	125	145,62	5,2
82	30,535	1,0905	126	150,14	5,3
83	31,870	1,1382	127	154,78	5,5
84	33,252	1,1876	128	159,53	5,6
85	34,681	1,2386	129	164,39	5,8
86	36,158	1,2913	130	169,35	6,0
87	37,685	1,3459	131	174,44	6,2
88	39,264	1,4023	132	179,64	6,41
89	40,894	1,4605	133	184,96	6,60
90	42,577	1,5206	134	190,39	6,79
91	44,315	1,5827	135	195,95	6,99
92	46,110	1,6468	136	201,63	7,20
93	47,961	1,7129	137	207,43	7,40
94	49,871	1,7811	138	213,36	7,6
95	51,841	1,8514	139	219,42	7,8
96	53,870	1,9239	140	225,61	8,0
97	55,964	1,9987	141	231,93	8,2
98	58,119	2,0757	142	238,38	8,5
99	60,341	2,1550	143	244,96	8,7
100	62,628	2,2367	144	251,69	8,9
101	64,985	2,3209	145	258,55	9,2
102	67,409	2,4075	146	265,56	9,4
103	69,905	2,4966	147	272,72	9,7
104	72,472	2,5883	148	279,99	9,9
105	75,112	2,6826	149	287,43	10

Elastic. P. Zolle	Atmosph.	t	Elastic. P. Zolle	Atmosph.
295,01	10,536	194	802,45	28,659
302,74	10,812	195	818,66	29,234
310,62	11,094	196	834,91	29,818
318,65	11,380	197	851,51	30,411
326,85	11,673	198	868,34	31,011
335,20	11,971	199	885,40	31,621
343,70	12,275	200	902,69	32,239
352,37	12,584	205	992,86	35,459
361,19	12,900	210	1089,3	38,902
370,18	13,220	215	1192,1	42,576
379,34	13,548	220	1301,8	46,491
388,66	13,881	225	1418,3	50,651
398,15	14,219	230	1541,9	55,067
407,82	14,565	235	1672,7	59,745
417,66	14,916	240	1811,4	64,692
427,67	15,274	245	1957,7	69,917
437,87	15,639	250	2111,8	75,422
448,26	16,009	255	2274,3	81,223
458,78	16,385	260	2444,9	87,317
469,50	16,768	265	2624,1	93,717
480,42	17,158	270	2812,6	100,45
491,52	17,554	275	3008,7	107,45
502,82	17,958	280	3214,5	114,80
514,29	18,368	285	3429,5	122,48
525,96	18,784	290	3653,9	130,49
537,82	19,208	295	3887,7	138,85
549,88	19,638	300	4131,3	147,55
562,13	20,076	305	4384,7	156,60
574,59	20,521	310	4647,9	166,00
587,26	20,973	315	4921,3	175,66
600,12	21,432	320	5205,0	185,90
613,18	21,899	325	5499,0	196,39
626,45	22,373	330	5803,4	207,26
639,93	22,885	335	6118,4	218,51
653,60	23,342	340	6444,2	230,15
667,50	23,839	345	6780,6	242,16
681,62	24,343	350	7128,2	254,58
695,95	24,855	355	7486,5	267,38
710,49	25,375	360	7856,0	280,57
725,27	25,902	365	8236,8	294,17
740,25	26,437	370	8628,8	308,17
755,46	26,980	375	9032,1	322,57
770,90	27,532	380	9446,7	337,58
786,57	28,092	385	9873,0	352,61

t	Elastic. P. Zolle	Atmosph.	t	Elastic. P. Zolle	Atmosph.
390	10311	368,24	650	49560	1770,0
395	10760	384,28	660	51706	1846,6
400	11221	400,76	670	53896	1924,9
405	11694	417,64	680	56132	2004,7
410	12178	434,94	690	58405	2085,9
415	12675	452,68	700	60734	2169,1
420	13183	470,83	710	63100	2253,6
425	13703	489,40	720	65509	2339,6
430	14235	508,41	730	67959	2427,1
435	14780	527,84	740	70453	2516,1
440	15335	547,68	750	72989	2606,7
445	15904	567,99	760	75565	2698,7
450	16484	588,71	770	78181	2792,2
455	17076	609,86	780	80839	2887,1
460	17681	631,45	790	83535	2983,4
465	18297	653,48	800	86262	3081,2
470	18926	675,91	810	89049	3180,3
475	19567	698,81	820	91865	3280,9
480	20219	722,12	830	94717	3382,7
485	20885	745,88	840	97609	3486,0
490	21562	770,06	850	100540	3590,5
495	22251	794,68	860	103500	3696,5
500	22952	819,73	870	106500	3803,7
510	24393	871,17	880	109540	3912,3
520	25880	924,27	890	112620	4022,1
530	27417	979,15	900	115730	4133,1
540	29001	1035,7	910	118870	4245,4
550	30634	1094,1	920	122050	4358,9
560	32313	1154,1	930	125270	4473,7
570	34043	1215,8	940	128510	4589,8
580	35819	1279,2	950	131790	4706,8
590	37644	1354,4	960	135110	4825,3
600	39513	1411,2	970	138450	4944,7
610	41430	1479,7	980	141830	5065,4
620	43399	1550,0	990	145240	5187,3
630	45404	1621,5	1000	148680	5310,1
640	47459	1695,0			

Rücksichtlich der Dämpfe von anderen Flüssigkeiten hat insbesondere das von Dalton aufgestellte Gesetz Aufsehn gemacht. Aus seinen Versuchen mit Schwefeläther, Alkohol, flüssigem Ammoniak, flüssigem salzsaurem Kalke, schweflicher Säure und Quecksilber will er nämlich gefunden haben, *daß allgemein für gleiche Temperaturen über oder unter dem Siede*

'e *den Dämpfen aller Flüssigkeiten gleiche Elasticitäten* *ıören*[1], und BIOT[2] zeigt ausführlich, wie genau Rech- und Versuche mit einander zur Bestätigung dieses Ge- ı übereinstimmen. Allein die Art der Versuche DALTON's e gleich anfangs durch PARROT[3] verdächtig gemacht, ıer aber zeigte J. T. MAYER[4] ausführlich die Unzuläng- eit seines Apparates und die Ungenauigkeit seiner Resultate ı den Mangel an Uebereinstimmung mit anderen, auf eine zweckmäfsigere Weise erhaltenen. Späterhin bewies auch ', dafs dieses Gesetz mit seinen eigenen genauen Versuchen haus nicht übereinstimme, und eben dieses Resultat er- DESPRETZ[6] gleichfalls bei seinen neuesten Untersuchungen diesen Gegenstand. Eben so wenig fand URE ein anderes DALTON aufgestelltes Gesetz bestätigt[7], dafs nämlich die icität der Dämpfe in einer geometrischen Progression ısen soll, wenn die Scalen der Quecksilberthermometer ı DALTON's Hypothese getheilt sind. Dafs diese letztere mit Ausdehnung des Quecksilbers nicht vereinbar sey, ist oben igt[8], und dafs die Elasticitäten des Wasserdampfes eine he Reihe nicht befolgen, geht aus den eben angestellten ersuchungen genugsam hervor. Irgend ein anderes allge- nes Gesetz über die Elasticitäten der verschiedenen Dämpfe nehmen, dazu berechtigen uns die bisherigen Versuche it, aufser dafs wir ihr Verhalten im Allgemeinen für ähn- halten müssen, wie schon aus der Natur der Sache an folgt, und auch daraus hervorgeht, dafs die Elasticitäten elben nach den nämlichen Formeln mit veränderten Coeffi- ten berechnet werden können, ohne dafs die auf diese ıe erhaltenen Werthe von den durch Erfahrung gefundenen tlich abweichen.

---

1 Mem. of the literary and philos. Soc. of Manchester V. 550.
2 Traité I. 280.
3 G. XVII. 82.
4 a. a. O.
Phil. Tr. 1818. 361.
Ann. C. P. XVI. 105.
Phil. Tr. 1818. p. 366.
Vergl. *Ausdehnung* I. 597.

B. Alkoholdampf.

In sofern es also kein allgemeines Gesetz für die Elasticitäten der Dämpfe giebt, müssen diese durch Versuche einzeln gefunden werden, welche indeſs bis jetzt noch nicht auf alle Flüssigkeiten ausgedehnt sind, weil keineswegs alle ein gleiches Interesse erregen. Unter die vorzüglich mit untersuchten Flüssigkeiten gehört der *Alkohol*, welchen schon Ziegler[1] mit in seine Versuche zog. Allein da die bei steigenden und abnehmenden Temperaturen erhaltenen Quecksilberhöhen so groſse Unterschiede zeigen, so dürfen sie als minder genau übergangen werden. Weit bedeutender sind die durch Betancourt erhaltenen Resultate[2], welche daher zur Vergleichung hier aufgenommen werden mögen. Auch hierin bezeichnet t die Temperaturen nach R. und e die Elasticitäten in Quecksilberhöhen nach Par. Zollen.

t	e	t	e	t	e	t	e
3	0,05	25	2,32	47	10,80	69	37,20
4	0,09	26	2,52	48	11,50	70	39,40
5	0,12	27	2,75	49	12,20	71	41,30
6	0,18	28	2,95	50	12,35	72	43,50
7	0,25	29	3,20	51	13,75	73	46,00
8	0,32	30	3,40	52	14,60	74	48,10
9	0,38	31	3,70	53	15,50	75	50,20
10	0,45	32	4,00	54	16,40	76	52,60
11	0,50	33	4,30	55	17,65	77	55,30
12	0,62	34	4,60	56	18,85	78	57,90
13	0,72	35	4,95	57	20,00	79	61,00
14	0,82	36	5,28	58	21,20	80	63,80
15	0,93	37	5,55	59	22,30	81	66,90
16	1,02	38	6,00	60	23,70	82	69,80
17	1,12	39	6,45	61	24,80	83	73,40
18	1,25	40	6,90	62	26,10	84	76,90
19	1,38	41	7,35	63	27,40	85	79,60
20	1,52	42	7,82	64	28,90	86	83,60
21	1,65	43	8,37	65	30,60	87	87,10
22	1,80	44	8,92	66	32,00	88	90,80
23	1,95	45	9,48	67	33,50	89	95,00
24	2,10	46	10,15	68	35,10	90	98,00

1 de Digest. Papini. p. 43.

2 Mém. sur la force expansive de la vapeur cet. à Par. 1792. 4. Prony neue Architect. Hydr. I. 606. Vollstäqdiger in Journ. de l'école polyt. Cah. II. daraus in Gren N. J. IV. 215.

Watt [1] gebrauchte seinen oben beschriebenen Apparat ch zu einigen Versuchen mit Alkohol, welche indefs nicht it vorzüglicher Sorgfalt angestellt sind, und auch in sofern cht für bedeutend gelten können, als die Reinheit des geauchten Weingeistes nicht angegeben ist. Die erhaltenen Reltate nach Graden R. und Par. Zollen sind folgende:

t	e	t	e	t	e	t	e
0,89	0,20	39,11	6,52	50,89	14,01	58,67	21,00
3,56	0,87	41,11	7,92	51,78	14,87	59,56	21,70
15,56	1,77	42,67	8,83	52,89	15,00	60,00	21,82
23,11	2,62	44,44	9,65	53,55	16,62	60,44	23,75
28,00	3,46	45,78	10,42	54,67	17,74	60,89	24,60
31,56	4,42	47,56	11,30	55,56	18,35	61,78	25,50
34,22	5,25	49,62	12,10	56,89	19,40		
36,44	6,10	49,78	13,10	58,00	20,60		

Auch Robison [2] stellte Versuche an über die Elasticität er Alkoholdämpfe, gegen welche aber die nämliche Erinneung statt findet. Folgende sind die von ihm erhaltenen, auf leiche Weise reducirten Resultate.

t	e	t	e	t	e	t	e
0,00	0,00	21,33	1,75	48,00	11,40	74,67	51,62
3,56	0,09	30,22	3,54	56,89	20,51	83,56	73,65
12,44	0,75	39,11	6,44	65,78	31,84	92,45	107,88

G. G. Schmidt [3] fand in seinen Versuchen, welche er mit den oben beschriebenen Ciarcy'schen Dampfbarometer anstellte, folgende Elasticitäten des Alkoholdampfes für t Grade nach R. in Par. Zollen

t	e	t	e	t	e	t	e
—5	0,13	15	1,490	35	5,744	55	18,04
0	0,35	20	2,105	40	7,805	60	23,42
+5	0,49	25	3,036	45	10,42	65	30,03
10	0,80	30	4,158	50	13,85	70	38,25

Mit Uebergehung derjenigen Versuche, welche Achard [4] ekannt gemacht hat, mögen hier diejenigen kurz erwähnt wern, welche ich selbst [5] angestellt habe.

1 Robison Mech. Phil. II. 33.
2 Ebend. p. 35.
3 Naturl. I. 296.
4 Mém. de Berlin. 1782. 1783.
5 Physical. Abh. I. 251.

t	−5°	0°	5°	10°	15°	20°
e	0,22	0,34	0,49	0,80	1,22	1,43.

Der hierzu gebrauchte Alkohol war absoluter, von spec. Gew. = 0,792 bei 16° R. Temperatur.

Ure bediente sich zu seinen Versuchen mit Alkohol des nämlichen Apparates, womit er die Elasticitäten des Wasserdampfes gemessen hatte [1]. Das spec. Gew. des angewandten Alkohols war 0,818, und folglich war derselbe kein absoluter, sondern etwas wasserhaltig. Die von ihm erhaltenen Resultate, auf Grade nach R. und Par. Zolle reducirt sind folgende:

t	e	t	e	t	e	t	e
0,00	0,38	34,22	5,75	65,78	31,85	90,67	96,50
3,56	0,53	36,89	6,75	66,78	33,75	91,56	100,0
5,78	0,66	39,11	7,60	68,12	36,40	92,44	104,2
8,00	0,75	41,33	8,70	70,22	40,20	94,22	110,7
10,22	0,95	43,56	10,00	71,68	43,14	95,56	114,3
12,44	1,18	45,78	11,60	72,93	46,75	96,00	118,0
14,67	1,40	48,00	13,00	74,67	49,61	96,50	122,3
16,89	1,65	50,22	15,00	76,88	56,30	96,89	123,2
19,11	1,95	52,44	17,00	79,11	61,00	97,78	128,6
21,33	2,30	54,67	19,00	80,89	65,02	98,70	134,7
23,56	2,78	56,89	21,20	81,78	68,00	100,57	142,2
25,78	3,20	59,11	24,00	83,56	73,61	101,33	145,2
28,00	3,65	61,33	26,50	85,71	82,00	102,22	151,4
30,22	4,25	62,67	28,15	88,00	87,36	103,11	155,8
32,44	4,95	64,90	30,85	88,89	91,00		

Ure wendet seine, für die Elasticität der Wasserdämpfe gefundene Formel auch auf diese Resultate an. Der Siedepunct ist nämlich bei 174° F., und diesem gehört eine Quecksilberhöhe von 30 Z. e. an. Geht man statt dessen, wie oben bei der Formel für die Wasserdämpfe von 170° F. und 28,3 Z. Quecksilberhöhe aus, dividirt diese Gröfse durch diejenige, welche zu 160° F. gehört, nämlich 22,46, so ist $\frac{28,3}{22,46} = 1,26$ diejenige Gröfse, um welche die Elasticität der Alkoholdämpfe für 10° F. wächst oder abnimmt; und welche also um 0,011 wachsend oder abnehmend die Gröfse 28,3 dividiren oder mul-

1 Phil. Tr. 1818. p. 359.

iciren mufs, wenn man die Elasticität von 10 zu 10 Graden inden will. So ist z. B.

für 180° F.; 28,3 × (1,26 — 0,011) = 35,35;

für 190° F. ist (28,3 × 1,26 — 0,011)

× (1,26 — 0,022) = 43,76; und eben so ist für

)° F.; (28,3 : 1,26) : (1,26 + 0,011) = 17,7 u. s. w.

ches indefs nur bis so weit nahe genau ausreicht, als die bachtungen gehen.

Eine Vergleichung dieser verschiedenen Resultate ergiebt, die Versuche von Schmidt und Ure sehr genau mit einan übereinstimmen, jedoch sind die durch den letzteren gedenen Werthe meistens etwas gröfser, als diejenigen, welche r erhielt. Meine eigenen Beobachtungen stimmen vollkom mit den durch Ure gefundenen Elasticitäten überein, aufser für 20° R. gefundene, welche offenbar fehlerhaft ist. Ro- n's Resultate haben das Eigenthümliche, dafs das für 65°,78 völlig genau mit dem durch Ure gefundenen übereinstimmen, n aber sind alle den niedrigern Temperaturen, als diese mmte ist, zugehörenden Elasticitäten zu klein, alle den eren aber zu grofs, wenn wir die von Ure gefundenen als richtigen ansehen. Die durch Watt gefundenen Elasticitästimmen in den niederen Temperaturen sehr gut mit den ch Schmidt gefundenen überein, bleiben aber in den höhehinter diesen, und also noch mehr hinter denen von Ure ück. Im Ganzen sind indefs die Differenzen dieser sämmtlin Versuche nicht so bedeutend, dafs in der zu grofsen Abchung derselben von einander ein Hindernifs liegen sollte, allgemeines Gesetz auch für diese Dämpfe aufzusuchen [1]. besten wird dieses gleichfalls durch die von J. T. Mayer die Dämpfe überhaupt aufgefundene Formel ausgedrückt, n man die Constanten aus den Beobachtungen bestimmt. folgende Tabelle enthält daher unter e die hiernach berechn Elasticitäten, unter e′ die durch Ure aus Beobachtungen

1 v. Yelin hat den Siedepunct des absoluten Alkohol von 0,791 . bei 26,6805 Barom. 61°,8 R. gefunden, welches den Beobachen Ure's sehr nahe kommt. Nach der berechneten Tabelle liegt elbe der gewöhnlichen Bestimmung nach zwischen 63° bis 64° R. astner's Archiv III. 377.

gefundenen nach einer einfachen Interpolation zur Ver
weitläuftiger Rechnungen, beides nach Graden der acht
Scale = t und in Pariser Zollen der Quecksilberhöhe,
lich giebt die Zahl der Atmosphären an, denen diese
gleichkommt[1].

t	e	e'	a	t	e	e'
— 30	0,0153	—	—	28	3,1265	3,65
— 25	0,0274	—	—	29	3,3529	3,80
— 20	0,0477	—	—	30	3,5938	4,00
— 15	0,0808	—	—	31	3,8499	4,13
— 10	0,1336	—	—	32	4,1221	4,25
— 5	0,2157	0,13	—	33	4,4110	4,62
0	0,3406	0,35	—	34	4,7068	5,25
1	0,3723	0,39	—	35	5,0431	5,72
2	0,4066	0,43	—	36	5,3881	6,25
3	0,4437	0,48	—	37	5,7505	6,58
4	0,4837	0,56	—	38	6,1410	6,75
5	0,5270	0,62	—	39	6,5514	7,20
6	0,5738	0,68	—	40	6,9960	7,62
7	0,6241	0,71	—	41	7,4445	8,00
8	0,6785	0,75	—	42	7,9483	8,48
9	0,7370	0,83	—	43	8,4431	9,00
10	0,8000	0,92	—	44	8,9850	10,25
11	0,8678	0,97	—	45	9,5578	10,83
12	0,9406	1,02	0,034	46	10,162	11,20
13	1,0190	1,20	0,036	47	10,799	11,88
14	1,1027	1,37	0,039	48	11,472	13,00
15	1,1929	1,43	0,043	49	12,180	13,78
16	1,2895	1,50	0,046	50	12,937	14,21
17	1,3931	1,68	0,049	51	13,714	15,30
18	1,5040	1,75	0,054	52	14,542	16,56
19	1,6224	1,88	0,058	53	15,414	17,41
20	1,7495	1,96	0,062	54	16,331	18,50
21	1,8895	2,00	0,067	55	17,295	19,85
22	2,0301	2,35	0,072	56	18,308	20,00
23	2,1848	2,50	0,078	57	19,374	21,11
24	2,3499	2,86	0,084	58	20,493	22,30
25	2,5260	2,98	0,090	59	21,668	23,60
26	2,7136	3,20	0,097	60	22,989	24,70
27	2,9135	3,41	0,104	61	24,195	25,87

1 Für die höchsten Temperaturen sind die berechneten
ten beträchtlich gröſser als die beobachteten, welches en
Folge der unrichtigen Bestimmung der Constanten ist, oder
der von Ure gebrauchte Alkohol kein absoluter war.

t	e	e′	a	t	e	e′	a
62	25,552	27,80	0,912	74	47,797	48,25	1,707
63	26,975	28,75	0,963	75	50,244	51,00	1,794
64	28,467	29,80	1,016	80	64,768	63,25	2,318
65	30,030	30,90	1,072	85	81,304	78,61	2,903
66	31,666	32,00	1,130	90	102,24	94,50	3,650
67	33,380	33,85	1,192	95	127,65	112,3	4,550
68	35,174	35,90	1,256	100	158,30	138,7	5,650
69	37,051	37,75	1,323	120	351,73	—	12,56
70	39,014	39,80	1,393	140	716,35	—	25,58
71	41,161	41,25	1,470	160	1355,9	—	48,40
72	43,220	43,54	1,543	180	2411,7	—	86,10
73	45,455	46,50	1,623	200	4066,9	—	145,2

C. Schwefelätherdampf.

Ueber die Elasticität des Aetherdampfes sind mir, aufser von Ziegler [1], keine ältere Versuchsreihen bekannt, daverschiedene einzelne Beobachtungen für mittlere Temperen. Die wichtigsten derselben, in einer Uebersicht zusamgestellt, sind folgende:

t. R.	—	e. Par. Z.	—	Beobachter
10°,0	—	12,500	—	Van Marum [2]
12,0	—	11,562	—	Gay-Lüssac [3]
14,5	—	13,110	—	Biot [4]
17,0	—	14,000	—	Dalton [5]
18,0	—	16,750	—	Saussüre [6]
9,12	—	3,154	—	Despretz
9,65	—	4,891	—	Despretz [7].

diese Versuche wurden auf gleiche Weise angestellt, nämvermittelst einer geringen Quantität Schwefeläthers, welin das torricellische Vacuum gebracht war. Der von Despretz gebrauchte Apparat wird unten bei der Untersuchung der

1 a. a. O.
2 G. I. 153.
3 Ebend. XXIX. 115.
4 Ebend. XXV. 431.
5 Ebend. XV. 23.
6 Ebend. XXIX. 125.
7 Ann. Ch. Ph. XXI. 149.

Dichtigkeit der Dämpfe beschrieben werden, die Resultate sind auffallend zu klein.

Dalton's Versuche, welche nach der Beschaffenheit gebrauchten Apparates keine genauen Resultate geben konnten, veranlafsten J. T. Mayer [1] mit einem ähnlichen, aber verbesserten Apparate gleichfalls einige Beobachtungen über die Elasticität der Aetherdämpfe anzustellen. Lezterer bediente nämlich einer heberförmig gekrümmten Barometerröhre mit Quecksilber gefüllt, in deren kürzeren Schenkel er über Quecksilber etwas Schwefeläther gofs, und ihn demnächst mit einem Korke ohne rückbleibende Luft genau verschlofs. Der längere Schenkel wurde dann nach Dalton's Methode an der Lampe zugeschmelzen, und die Elasticität des Dampfes nach der Zusammendrückung der Luft in demselben bestimmt, nachdem der kürzere Schenkel in Wasser von bestimmter Temperatur gesenkt war. Eine Zusammenstellung einiger durch Mayer und durch Dalton erhaltener Resultate zeigen eine ganz ungewöhnliche Abweichung von einander. Es bezeichnen zu Ende t die Temperaturen nach R., e die Elasticitäten nach Mayer, e′ nach Dalton, beide in Par. Zollen, Δ die Differenz beider.

t	e	e′	Δ	t	e	e′	Δ
13,3	12,03	11,90	— 1,13	60,0	96,35	79,66	— 16,69
17,0	14,60	—	—	65,0	116,0	91,54	— 24,46
50,0	64,97	58,68	— 6,29	70,0	137,2	103,8	— 33,40
51,1	68,00	60,43	— 7,57	75,0	165,0	116,1	— 48,90
55,0	78,72	68,60	— 10,12	80,0	193,3	128,2	— 65,10

Sowohl die Abweichungen dieser, mit ähnlichen Apparaten erhaltener Resultate, als auch insbesondere die grofsen Elasticitäten, welche Mayer auf diese Weise gefunden hat, sind sehr auffallend. Ob Lezteres daraus mindestens zum Theil erklärbar sey, dafs nach meinen wiederholten Beobachtungen allezeit eine gewisse Menge Luft durch Wärme aus dem Aether entbunden wird, läfst sich nicht mit Sicherheit ausmitteln. Etwas schwierig bleibt es allezeit, die Elasticität aus der Compression der Luft über dem Quecksilber zu bestimmen. Hierzu kommt noch

1 de vi elast. vap. p. 17.

r Umstand, daſs der von beiden gebrauchte Schwefeläther cht absolut rein war.

Die neuesten Versuche über die Elasticität des Aetherdams sind von Ure[1] mit seinem, oben bei der Untersuchung er die Elasticität der Wasserdämpfe beschriebenen Apparate gestellt. Mit einer Sorte Aether wurden die acht ersten, mit er zweiten die folgende Elasticitäten erhalten, und beide zunmen gaben folgende, auf t Grade R. und e in Pariser Zoll reducirte Werthe.

t	e	t	e	t	e	t	e
0,89	6,0	32,44	28,1	50,22	58,5	65,78	101,8
5,33	7,6	34,22	30,5	52,44	63,5	68,00	109,0
9,78	9,6	36,89	33,6	54,67	69,0	70,22	117,3
14,22	12,2	39,11	37,0	56,89	75,3	72,44	126,5
18,67	15,1	41,33	40,8	59,11	81,0	74,67	134,0
23,11	18,8	43,56	43,5	61,33	87,0	78,22	141,8
27,56	23,2	45,78	47,8	63,56	93,0	79,11	156,0
32,00	18,1	48,00	53,5				

wendet auf diese Beobachtungen seine für die Elasticität Wasserdämpfe gefundene Formel gleichfalls an, indem er 104° F. = 32° R. den Siedepunct bei 30 engl. Z. Baromehöhe findet, und den um 0,01 wachsenden oder abnehmen Coefficienten = 1,22 womit diese Gröſse für 10° F. unter Temperatur dividirt, für 10° F. über derselben aber multiplicirt werden muſs, um die zugehörige Elasticität in engl. Zollen zu erhalten. Hiernach ist für $t = 94°$ F. $e = \frac{30}{1,22}$ Z., für $84°$ F. $e = \frac{30}{1,22 \times 1,23}$ Z. u. s. w.; für 114° aber ist $e = 30 \times 1,22$ Z. für 124° ist $e = 30 \times 1,22 \times 1,21$ Z. u. s. w. Hierbei stimmen die durch Rechnung erhaltenen Werthe mit den durch die Beobachtung gefundenen genau genug überein, die Formel selbst aber ist oben schon gewürdigt, und kann nicht für allgemein gültig angesehen werden. Auſserdem aber hat sich Ure, wie er selbst sagt, des in den Officinen käuflichen Aethers bedient, und daher den Siedepunct der einen Art

[1] Phil. Tr. 1818. p. 359.

bei 40°, der andern aber bei 40°,56 C. gefunden. Nach De
liegt derselbe bei 35° C., nach BIOT [2] siedet Aether von
sp. Gew. bei 9° C. äufserer Temperatur und 0m,76 Bar
höhe gewogen bei 37°,8 C.; meistens nimmt man im Mitt
an. Ich selbst habe in wiederholten Versuchen den Sie
des reinen Aethers von 0,711 spec. Gew. bei 10° R.
und 28 Z. Barometerhöhe gewogen = 36,6 C. gefunde
halte diese Gröfse für richtiger, als die von DESPRETZ
bene, weil man durch das leichte Aufwallen und die gro
dampfbarkeit des Aethers den Siedepunct desselben leich
zu niedrig findet. Auf allen Fall aber ist es aufser Stre
der von URE gebrauchte Aether unrein, d. h. Alkoholhal
und so sind alle von ihm gefundenen Elasticitäten bei
zu niedrig, indem dieser Einflufs des Alkohols auf die
des Schwefeläthers durch GAY-LÜSSAC [3] nachgewiesen, u
mir [4] in einer grofsen Reihe von Versuchen gleichfalls
den ist.

Bei meinen Versuchen über die Dichtigkeit des Aeth
pfes habe ich selbst wiederholt Versuche über die Elast
des Aetherdampfes auf die Weise angestellt [5], dafs ich e
ringe Quantität reinen Schwefeläther in den torricel
Raum eines gut ausgekochten Barometers brachte, und b
sichtiger Erwärmung die Depression der Quecksilbersäule
die erzeugten Dämpfe nach einem andern Barometer best
Weder durch dieses Verfahren, noch auch durch ein a
bekanntes, indem ich nämlich eine Quantität Aether un
Campane einer Luftpumpe setzte und exantlirte, kon
durch ihre Uebereinstimmung mir selbst genügende Re
erhalten. Weit wichtiger sind daher zwei genau überei
mende Reihen von Beobachtungen, welche G. G. SCHMI
auf meine Bitte mitzutheilen die Güte hatte, indem si
diesem eben so umsichtigen als geübten Experimentator
nauesten Resultate erwarten lassen. Sie reichen indefs

1 Traité. 116.
2 Traité. I. 534.
3 G. XXXV. 431.
4 Physical. Abh. p. 263.
5 Vergl. Phys. Abh. p. 298. ff.

an den Siedepunct des Aethers, und bleiben in den höhe-
emperaturen hinter der wirklichen Elasticität etwas zu-.
wenn man den Siedepunct des reinen Aethers um nahe
.. annimmt. Für die, vom Siedepuncte nicht weit ent-.
n Grade kommen dagegen die durch meine eigenen Ver-
mit dem angegebenen Apparate erhaltenen Resultate der
heit ungleich näher, wenn sie gleich für die niederen Tem-
ıren sämmtlich zu hoch gefunden sind. Um indefs auch
)here Grade die Elasticitäten des Schwefelätherdampfes
ıalten, bediente ich mich des folgenden, dem Dalton-
ähnlichen Apparates. An eine 1,25 Lin. weite, unten
ogene Barometerröhre wurde ein starkes Gefäfs, wie an
laschenbarometer, angeblasen, dann so viel Quecksilber
ossen, bis das Gefäfs etwas über die Hälfte erfüllt war.
ıdere Hälfte des Gefäfses gofs ich voll Schwefeläther, liefs
ı zur Entfernung der etwa eingeschlossenen Luft gegen eine
s sieden, und verschlofs dann die Oeffnung mit einem
ten Korke, schnitt dessen aufsen hervorstehendes Ende
rklebte die so verstopfte Mündung mit einem Kitt aus Blei-
und Leinölfirnifs und einer übergebundenen Thierblase,
te alles durch umwickelten Bindfaden, und überzog das
e mit Bernsteinfirnifs. Diesen Apparat befestigte ich auf
kale, welche für die Veränderung des Niveau's des Queck-
im Gefäfse eingerichtet war, senkte das untere Ende der
öhre zusamt dem Gefäfse in einen Becher mit Wasser, und
mte dieses durch eine untergesetzte Lampe, und indem
wei Beobachtern der eine das dicht neben dem Gefäfse mit
r gleichfalls im Wasser befindliche Thermometer beobach-
ls ein anderer die Höhe der Quecksilbersäule ab. Der
e Schenkel des Barometers war oben abgeschliffen, um
nselben eine Röhre, und auf diese abermals eine von glei-
)icke und Weite vermittelst etwas Kitt und umgewunde-
hierblase aufzusetzen, so dafs also die Quecksilberhöhe
gefunden werden konnte, wozu die jedesmalige Barome-
e hinzuaddirt werden mufste. Obgleich es mühsam und
peinlich war, die Beobachtungen des Thermometers und
ıecksilbersäule anderthalb Stunden lang ohne Unterbre-
fortzusetzen, so wurde dennoch diese Zeit darauf ver-
, indem die den einzelnen Graden des Thermometers zu-

igen Quecksilberhöhen zuerst bei zunehmender, u
b hmender Temperatur aufgezeichnet, und aus bei
a netische Mittel genommen wurde. Das zur Erw
des A rates dienende Wasser in Gefäfse zeigte sich d
ke dunstung wegen minder brauchbar, und ich ver
es daher bei einem zweiten Versuche mit Olivenöl. Au
doppelten Versuchsreihen nd aus den von G. G. Schm
haltenen Beobachtungen wählte ich die übereinstimm
und wahrscheinlich genauesten Resultate zur Bestimm
Coefficienten in der Mayerschen Formel, und erhielt hi

$$\log. e = 3{,}7818278 + \log. (213 + t) - \frac{1}{2}$$

Die nachfolgende Tabelle enthält die nach dieser Form
Grade nach R. erhaltenen Elasticitäten = e, die im Mi
eigenen Versuchen gefundenen unter e′ und durch Schm
haltenen unter e″.

t	e	e′	e″	t	e	e′
— 30	0,619	—	—	16	13,96	—
— 25	0,932	—	—	17	14,74	—
— 20	1,376	—	—	18	15,56	—
— 15	1,992	—	—	19	16,41	—
— 10	2,836	—	—	20	17,31	—
— 5	3,970	—	—	21	18,24	—
— 4	4,238	—	—	22	19,22	20,4
— 3	4,522	—	—	23	20,24	21,0
— 2	4,822	—	—	24	21,31	21,8
— 1	5,138	—	—	25	22,42	22,2
0	5,473	—	—	26	23,58	22,9
+ 1	5,826	—	—	27	24,79	23,8
2	6,198	—	—	28	26,06	24,2
3	6,590	8,00	—	29	27,38	25,9
4	7,002	8,40	—	30	28,75	26,9
5	7,439	8,70	—	31	30,18	31,8
6	7,897	9,37	—	32	31,67	33,2
7	8,373	9,81	—	33	33,22	35,1
8	8,861	10,2	8,98	34	34,83	37,2
9	9,418	10,9	9,50	35	36,51	38,4
10	9,978	11,5	9,78	36	38,26	39,8
11	10,56	12,0	10,4	37	40,07	41,8
12	11,18	12,6	10,5	38	41,96	42,5
13	11,82	13,4	11,5	39	43,92	44,6
14	12,50	14,0	12,4	40	45,95	46,2
15	13,21	14,6	12,6	41	48,06	48,3

e	e'	t	e	e'
50,26	50,3	60	106,8	104,5
52,53	53,5	61	110,6	108,1
54,89	55,38	62	114,9	112,3
57,34	57,48	63	116,9	—
59,87	59,85	64	124,0	—
62,51	62,85	65	128,8	—
65,28	65,20	66	133,7	—
68,05	67,70	67	138,8	—
70,91	70,65	68	144,1	—
74,00	74,00	69	149,5	—
77,18	76,40	70	155,0	—
80,37	79,12	75	185,4	—
83,72	82,00	80	220,5	—
85,20	84,45	85	260,8	—
90,77	88,05	90	306,8	—
94,47	92,50	95	367,6	—
98,30	96,50	100	418,6	—
102,2	100,5	200	4239	—

:mel gleicht die unvermeidlichen Fehler der Versuche
ınscheine nach sehr gut aus, und stimmt mit denselben
enug zusammen, scheint jedoch für höhere Temperatu-
Elasticitäten etwas gröfser zu geben, als sie wahrschein-
rch Versuche richtiger gefunden werden würden, viel-
leswegen, weil bei Schwefelätherdampf derjenige Um-
hon früher eintritt, welcher oben hinsichtlich der Was-
fe angegeben ist, nämlich dafs sie wegen gröfserer
keit sich hinsichtlich ihrer Ausdehnung durch Wärme
len Bedingungen der tropfbaren Flüssigkeiten nähern.
ıe Uebereinstimmung der durch die Formel erhaltenen
mit denen durch Versuche gefundenen geht übrigens
aus der Vergleichung mit den nebenstehenden Resultaten
als auch aus der folgenden. J. T. Mayer fand für 80°
Elasticität von 193 Z.; die Formel giebt 220 Z., also
als dieselbe aus der Compression der Luft gefunden
›ei jedoch berücksichtigt werden mufs, dafs der von
ebrauchte Aether kein absoluter war, und somit die
it etwas geringer gefunden werden mufste, als die Ta-
den Dampf des absoluten Aethers angiebt. Cagniard
[1] dagegen will auf die nämliche Weise bei 128° R.

---

[1] nn. Ch. P. XXI. 178.

eine Elasticität des Aetherdampfes von 37 Atmosphären 1036 Z. gefunden haben, welche Angabe nach jenen Beo tungen nothwendig falsch seyn mufs.

D. Petroleumdampf.

Ueber die Dämpfe sonstiger Flüssigkeiten haben w gar keine Versuche, auch gewähren dieselben nur ein ge blofs wissenschaftliches Interesse. Aufser ZIEGLER hat URE die Elasticitäten der Dämpfe des Petroleum gemessen die folgenden, auf gleiche Weise reducirten Werthe erl nämlich e in Par. Zollen und t in Graden nach R.

t	e	t	e	t	e	t
126,22	28,2	134,67	36,3	143,56	47,1	151,11
128,00	29,7	136,89	39,1	145,78	49,9	152,44
130,22	31,8	139,11	41,3	148,00	53,4	
132,44	34,1	141,33	43,9	150,22	57,0	

Der Siedepunct des Petroleum liegt hiernach etwas 320° F. Wird Ure's allgemeine Formel auch auf diese D angewandt, so gehört zu 320° F. eine Elasticität von 31,7 Zollen, und der hierbei unveränderliche Factor, womit Gröfse für je 10° F. multiplicirt oder dividirt werden um die Elasticität in engl. Zollen zu erhalten, ist 1,14. nach ist also für n $\times$ 10° F. über 320° die Elasticit Dampfes $= 31,7 \times 1,14^n$ in engl. Zollen, und für n $\times$ 1 unter 320° ist e $= 31,7 : 1,14^n$, welches allerdings inn der Grenzen der Beobachtungen mit diesen sehr genau üb stimmt.

E. Terpentinspiritus-Dampf.

Auf ganz gleiche Weise hat URE auch mit Terpentinöl suche angestellt, und folgende einander zugehörige Wertl funden

t	e	t	e	t	e	t	e
120,89	28,15	128,00	34,70	135,11	42,28	141,33	50,
122,52	30,45	128,89	35,48	136,89	44,30	143,11	53,
123,56	31,35	130,67	37,70	138,22	46,28	144,44	55,
125,78	33,15	132,44	39,40	140,00	48,51	145,78	57,
						146,67	58,

Um auch hierfür nach der allgemeinen Formel die E

ten zu berechnen, geht Ure von 310° F. als Normalgröfse
, welcher Temperatur eine Elasticität von 33,5 engl. Z. zu-
ört, und der unveränderliche Factor, womit diese Gröfse
ltiplicirt oder dividirt wird, um für je 10° F. über oder un-
diesem Puncte die Elasticitäten zu finden, ist 1,22. Also ist
$n \times 10°$ F. über 310° die Elasticität des Dampfes von Ter-
tinspiritus $= 33,5 \times 1,22^n$, und auf gleiche Weise für
$\times$ 10° unter 310° F. ist sie $33,5 : 1,22^n$ in engl. Zollen.

F. Schwefelkohlenstoffdampf.

Hierüber haben wir einige Versuche von Despretz, mit
m zunächst zur Auffindung der Dichtigkeiten der Dämpfe
struirten Apparate [1] angestellt [2]. Für Grade der achtzig-
il. Scale fand er folgende Elasticitäten in Par. Zollen

t = 11°,82 gab e = 4,897 t = 12,69 gab e = 7,671
t = 12,21 — e = 3,069 t = 13,29 — e = 2,845
t = 12,25 — e = 2,641

Nach Berzelius und Marcet ist die Elasticität dieses Dam-
bei 9°,6 R. = 7,36 Z., nach Clüzel bei 18° = 11,8 Z.,
e Bestimmungen besser übereinstimmen [3]. Da wir keine
ichbare andere Versuche haben, so läfst sich über diese
te nichts weiter sagen; aber auffallend ist die geringe
nstimmung der durch Despretz gefundenen Gröfsen
einander, und dafs mit einer einzigen Ausnahme die ge-
n Elasticitäten den höchsten Temperaturen zugehören.
Auch über die Elasticitäten der Dämpfe von noch anderen
igkeiten besitzen wir allerdings noch Versuche, namentlich
Dalton über *liquides Ammoniak* und *liquiden salzsauren*
t. Weil dieser Beobachter indefs bei allen das von ihm
tellte Gesetz bestätigt gefunden haben will, welches durch
spätere sehr genaue Versuche der geübtesten Physiker für
h erkannt ist, so verdienen sie zu wenig Zutrauen, und
len daher am besten mit Stillschweigen übergangen.
Endlich ist schon bemerkt, dafs von vielen andern Sub-
ten, namentlich vom Quecksilber stets und von vielen an-

---

1 Vergl. *Dichtigkeit d. Wasserdampfes.*
Ann. Ch. Ph. XXI. 147. Traité. 123.
S. Gmelin Chemie. I. 212.

dern Metallen unter geeigneten Umständen Dämpfe
werden [1]; allein die Elasticität derselben ist in mittl
höheren, bei einigen wahrscheinlich selbst noch in d
sten Temperaturen so geringe, dafs sie durch die bis
kannten Mittel auf keine Weise gemessen werden kann

3. Dichtigkeit der Dämpfe.

Ueber die Dichtigkeit der Dämpfe der verschiede
sigkeiten ist bis jetzt kein allgemeines, alles umfasse
setz aufgefunden, und man mufs diese daher für jed
nen Dampf besonders bestimmen. Indefs kann m
Ganzen gültige Regel annehmen, dafs die Dämpfe der
testen verdampfbaren Flüssigkeiten die dichtesten si
wegen es bis jetzt noch nicht gelungen ist, die Dic
der Dämpfe des Quecksilbers und der anderen Metall
nauigkeit aufzufinden. Dabei versteht es sich von se
bei der Bestimmung der Dichtigkeit der Dämpfe nur
jenigen die Rede seyn kann, *welche sich im Maximo
befinden*, wie dieses oben näher angegeben ist. Wird
mit solchem Dampfe erfüllter Raum ohne Erhöhung
peratur verkleinert, so geht ein Theil des Dampfes i
stand der tropfbaren Flüssigkeit über, wird aber wied
dirt, sobald die Temperatur zunimmt. Hieraus er
einestheils, dafs die Dichtigkeit der Dämpfe eine Fu
Wärme ist, anderntheils aber folgt daraus von selbst
Dichtigkeit der Dämpfe im Maximo aus der Quantität
sigkeit bestimmt werden mufs, welche bei einer
Temperatur einen gegebenen Raum im Zustande völlig
sion erfüllt. Wird dieser Raum dann vergröfsert,
mit Vermehrung der Wärme, so mufs der Dampf, als
bele Flüssigkeit, ihn erfüllen, bleibt aber dann nicht
Maximo der Dichtigkeit oder im Zustande der Sättigu
lich ist auch für sich klar, dafs die Dichtigkeit de
mit den Temperaturen wächst, weil bei unveränderte
und abnehmender Wärme, ein Theil des Dampfes sei
sion verliert und tropfbar flüssig wird [2].

---

1 Vergl. *Verdunstung*.

2 Dieser eigenthümliche Charakter der Dämpfe wi

A. Wasserdampf.

In den früheren Zeiten hat man ausschliefslich nur die ichtigkeit des Wasserdampfes untersucht, theils wegen der ampfmaschinen, theils zur Erklärung der Hydrometeore; alin die Angaben sind meistens ganz unbestimmt, weil auf die 'emperatur keine Rücksicht genommen ist. Hierhin gehört die estimmung BRANDER's auf seinen Hygrometern, wonach bei 2° esselben 3 gr. Wasserdampf in einem Kubikfufse Luft enthalm seyn sollen. WALLERIUS ERICSON [1] suchte die Dichtigkeit es Wasserdampfes aus der Menge des Wassers zu finden, wele unter einer grofsen Campane verdunstete. Am meisten ischen behielt lange Zeit die Angabe von MUSSCHENBROEK [2], elcher vermuthlich aus eigenen Versuchen, indem er einen opfen Wasser in einem gläsernen Ballon verdampfen, und n Quecksilber zutreten liefs, wobei der zurückbleiben- mit Wasser gefüllte Raum die Ausdehnung des Dampbestimmte, die Dichtigkeit desselben bei der Siedehitze 0,000071428 gegen Wasser als Einheit genommen bestimmte, ach also der Dampf 14000 mal dünner als Wasser oder e 18 mal dünner als Luft seyn sollte. Man erkennt bald, s die Vernachlässigung des vom Quecksilber aufgenommenen ers hierbei unrichtige Resultate erzeugen mufste. Indefs st man diese Angabe von NIEUWETYT, DESAGULIERS, nach chen, welche Dr. BEIGHTON an einer Dampfmaschine an-

mmt, indem man zugleich annimmt, dafs die Wärme die Dämpfe, wie die Gasarten, ausdehne. Genau genommen darf man nur sa-, sie vermehre ihre Elasticität; denn wenn man neben der Wärme h die Zusammendrückung der Dämpfe vermehrt, so werden sie dann hter, und keineswegs dünner werden, welches auch das eigentlich htige ist, da bei den Bestimmungen über die Dämpfe im Allgemeinen r von solchen die Rede seyn kann, welche sich im Maximo ihrer chtigkeit befinden, oder im Zustande der Sättigung. Falsch ist es her, wenn nach BRISSON Traité élém. de Phys. II. 197 der gewöhnliche asserdampf 1200 bis 1400 mal, der des siedenden Wassers aber 824 mal leichter seyn soll als Wasser, desgleichen dafs nach GILBERT n. XXI. 425. der Dampf in niederen Temperaturen für spec. schwer als in höheren ausgegeben wird.

1 Schwed. Abh. II. 27.

2 Introd. §. 1471.

stellte [1], Kames [2], Brisson [3] u. v. a. wiederholt, auc
schon s'Gravesande [4], dafs die Ausdehnung des Wasse
pfes die des Wassers um mehr als 14000 mal übertreffe
bei er ohne Zweifel den nämlichen Beobachtungen folgt.
gleich näher der Wahrheit kommt die Bestimmung durch
bert [5], welcher auch anderweitig als feiner Beobacht
kannt ist. Dieser giebt aus der Verdunstung des Wasse
Inhalt eines Kubikfufses zu 342 grains an, und indem
gleich das Gewicht der Luft = 640 grains findet, so giet
ses ein Verhältnifs von 0,53437 : 1 oder von nahe 1(
den neuesten Bestimmungen ziemlich nahe kommend.
ner andern Stelle [6] behauptet derselbe, dafs die Luft $\frac{1}{3}$
Gewichtes an Wasserpartikeln aufnähme, welche zwar
elastisch seyn sollen, aber doch nicht füglich für etwas
als Dampf gelten können. Genau genommen sind indefs
Bestimmungen viel zu grofs, weil nach ihnen die Luft bei
lerer Wärme und gewöhnlichem Drucke nahe 0,5 oder
ihres Gewichtes an Wasserdampf enthalten müfste, w
unmöglich ist. Eine der bekanntesten Angaben über die
tigkeit des Wasserdampfes ist die von Watt, wonach de
ohngefähr halb so dünn als Luft, also 1600 mal dünn
Wasser seyn soll [7]. Watt beschreibt selbst den unvollk
nen Apparat, womit er dieses Resultat erhielt [8]. Er
nämlich eine einfache Phiole mit Wasserdampf bei der
hitze und dann mit Wasser, verglich beider Gewicht
fand das Verhältnifs derselben = 1 : 1800, ja er glaub
dafs der Wasserdampf eher noch leichter seyn könnte, al
angegeben ist, wonach sein Verhältnifs zu Luft bei mitt
Barometerstande nahe = 10 : 23 seyn würde. Auch a
waren der Meinung, die Dichtigkeit des Wasserdampfes bi

---

1 Phil. Tr. N. 407. Robison Mech. Phil. II. 67.
2 v. Crell chem. Ann. 1784. II. 55.
3 Traité élém. de Phys. II. 197.
4 Phys. Elem. II. 587.
5 Mém. de Berlin. 1769. p. 68 ff. 1772. p. 96 ff.
6 Ebend. 1768. p. 70.
7 Gött. Mag. Jahrg. III. St. II. p. 223.
8 Robison Mech. Phil. II. 115.

dehitze sey noch geringer, als hier angegeben ist. Rumford[1] unter andern sagt, sie betrage nur den 2000, nach andern den 10000sten Theil der Dichtigkeit des Wassers, und Robison[2] giebt gleichfalls $\frac{1}{2000}$stel als die richtige Bestimmung an. Rumford's Bestimmungen sind wahrscheinlich aus der Encyclopedia Britannica genommen, worin die Dichtigkeit wie 1 : 10000, im Supplementbande jedoch nur nach Watt wie 1 : 1800 gegen Wasser genommen wird. Späterhin erkannte man sehr wohl, daſs der bei geringerer Wärme, als der Siedehitze gebildete Dampf ungleich dünner seyn müsse, und indem man für seine Dichtigkeit bei dieser Temperatur die Bestimmung Watt's im Allgemeinen beibehielt, suchte man dieselbe für niedrigere Temperaturen zur Erklärung der Hydrometeore aufzufinden. Die Resultate dieser Bemühungen sind indeſs sehr verschieden. Auffallend zu klein ist eine Angabe von de Luc[3], der von Watt's Bestimmung der Dichtigkeit des Wasserdampfes bei der Siedehitze ausgeht, und hiernach dieselbe für 0° R. = 0,0000099 annimmt, die des Wassers = 1 gesetzt. Sehr ungleich, aber im Ganzen sehr genau sind drei verschiedene Bestimmungen von Saussüre. Zuerst fand dieser durch Verdampfung des Wassers unter einer Campane, daſs ein Kub. Fuſs Luft bei 15° R. 11,096 grains Wasser aufzunehmen vermag[4], welches berechnet 0,000017125 gegen Wasser beim Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit giebt. Diese Bestimmung kommt der Wahrheit sehr nahe, weit mehr als wenn man mit Gilbert[5] der Wahrscheinlichkeit 12,28 grains annimmt, welches 0,0000190 geben würde. Nach den beiden andern Angaben des nämlichen Physikers[6] enthält ein Kubikfuſs Luft bei 4°,75 R. 4,4605, und bei 6°,18 R. 5,6549 grains Wasserdampf, wovon jenes eine Dichtigkeit = 0,0000084614 ... dieses aber 0,000008763 ... giebt, beide der Wahrheit sehr nahe kommend, jedoch etwas zu groſs, wie aus einer Vergleichung mit

---

1. G. IV. 398.
2. Mech. Phil. II. 11.
3. Gren. J. II. 426.
4. Versuche über Hygrom. d. Ueb. Leipz. 1784. p. 128—146.
5. Ann. XV. 52.
6. Ebend.

den in der unten folgenden Tabelle enthaltenen Gröfsen l
vorgeht. Nach zwei Angaben von H. DAVY[1] soll die Luft
8° R. $\frac{1}{70}$stel ihres Volumens und $\frac{1}{75}$ ihres Gewichtes, bei 30°
R. aber $\frac{1}{14}$tel ihres Volumens und $\frac{1}{21}$stel ihres Gewichtes
Wasserdampf enthalten. Die doppelten Bestimmungen la
sich bei der Berechnung nicht genau vereinigen, und es ist
her am besten, nur die eine, nämlich das Gewicht hierbei
Grunde zu legen, obgleich wegen mangelnder Angabe des
rometerstandes keine völlig genaue Berechnung möglich
Nimmt man aber einen mittleren Barometerstand, und hier
die Dichtigkeit der Luft gegen Wasser = 0,0013 an, und
rigirt für die angegebene Temperatur, so giebt die erstere
stimmung 0,000016665 ... die letztere 0,00005288, w
die erste um das Doppelte zu grofs, die zweite aber der W
heit sehr nahe kommend ist. Um ein Merkliches zu grof
DALTON's[2] Angabe, wonach der Dampf 0,7 der Dicht
der atmosphärischen Luft gleich kommen soll, we
0,0008974 ... gegen Wasser geben würde. Dafs hierbei
Dampfe des siedenden Wassers die Rede sey, kann daraus
folgert werden, dafs DALTON sich auf die Angabe von
beruft, aber falsch ist es, wenn er zugleich voraussetzt
Dampf behalte auch in niederen Temperaturen diese Dicht
bei. CLÉMENT und DESORMES bestimmten die Dichtigk
Wasserdampfes, indem sie Luft durch Wasser aufsteigen l
ihr dann den Dampf, womit sie dieselbe für gesättigt h
durch salzsauren Kalk entzogen, und die Quantität des
durch die Gewichtszunahme des letzteren bestimmten.
nach fanden sie, dafs ein Kub. F. Luft bei 10° R. 5,89
enthalte, welches eine Dichtigkeit = 0,000009127 giebt
Wahrheit sehr nahe kommend, jedoch um ein Wenig
klein, wie daraus leicht erklärlich ist, dafs die Luft auf d
gegebene Weise nicht völlig mit Wasserdampf gesättigt
konnte. G. G. SCHMIDT[3] bediente sich zur Bestimmung
Dichtigkeit des siedendheifsen Wasserdampfes eines, dem
her von MUSSCHENBROEK angegebenen ähnlichen App

---

1 Elements of agric. Chemistry. cet. Lond. 1810. lect. V.
2 G. XXI. 425.
3 Gren N. J. IV. 299.

mlich einer Glaskugel mit einer feinen Spitze, welche voll ift, und dann mit dem aus siedendheifsem Dampfe niedergeschlagenen Wasser und Luft erfüllt gewogen wurde, und fand ernach die Dichtigkeit desselben = 0,00068027, nur etwas groſs. Gleichfalls um ein Weniges zu groſs ist die Angabe s nämlichen Physikers [1], wonach die Dichtigkeit des Wasserampfes bei 17°,5 R. = 0,0000285 seyn soll. J. T. Mayer [2] achte einen Tropfen Wasser in das torricellische Vacuum, ſs es darin verdampfen, und bestimmte hiernach die Dichtigit des Dampfes bei 15° R. = 0,0000200, mit den späteren stimmungen sehr nahe übereinstimmend.

Alle diese verschiedenen Versuche geben zwar, wenn man entgegengesetzten Abweichungen ausgleicht, einen nahe nen mittleren Werth, genügen aber keineswegs, um in r über die Dichtigkeiten der Wasserdämpfe aufzustellenden el die Constanten mit hinlänglicher Genauigkeit zu benen. Es war deswegen ein verdienstliches Unternehmen, Gay-Lüssac mit einem zweckmäſsigen Apparate eine unndere Reihe von Versuchen zur Auffindung dieses Gesetzes llte [3]. Hierzu nahm er das lange und schmale, nach seinhalte graduirte Gefäſs B, füllte dasselbe mit Quecksil- und sperrte es in der Quecksilberwanne V V nahm dann , in eine feine Spitze ausgezogene hohle Glaskügelchen α, diese leer, füllte sie mit der zu untersuchenden Flüssigschmolz die Spitze an der Lampe zu, wog sie abermals, das Gewicht der darin enthaltenen Flüssigkeit genau zu ern, brachte sie unter das sperrende Quecksilber der Wanne, lieſs sie in dem langen Gefäſse aufsteigen, wodurch also bestimmte Quantität der Flüssigkeit in den Raum gebracht de. In die Quecksilberwanne senkte er dann eine weitere re M M, füllte diese mit Wasser, setzte den ganzen Apparaauf einen Ofen F F, und wenn dann alles erhitzt wurde, hnte sich die Flüssigkeit in dem Kügelchen aus, sprengte

Fig. 116.

1 Naturl. I. 298.

2 Comm. de vi elast. vap. p. 39.

3 Nouveau Bullet. de la Soc. Phil. N. 18. 1809. I. 298. daraus Gehlen J. IX. 208. G. XLV. 332. Vollständig bei Biot Traité. 291.

dasselbe, der Raum wurde mit Dampf erfüllt, und das silber sank herab. Um den Raum, welchen der Dampf ei genau zu messen, setzte er einen Ring von Kupfer auf di ne, steckte eine graduirte Regel T hinein, deren Sp Oberfläche des Quecksilbers genau berührte, worauf d des Läufers H, nachdem er mit der Oberfläche des Quec im Gefäfse B einvisirt war, die Höhe des letzteren Durch allmäliges Erhitzen des Apparates, und die hiermi einstimmende Bildung des Dampfes und die dadurch b Depression des Quecksilbers wurde demnächst der Pu vollständigen Verdampfung gefunden, worauf dann a Raume, welchen der Dampf einnahm, nach dem jedes Barometerstande corrigirt, und aus der Menge der zur l desselben verwandten Flüssigkeit die Dichtigkeit dessell funden wurde. Auf diese Weise fand Gay-Lüssac al meines Gesetz, dafs die Wasserdämpfe $\frac{10}{16}$ oder genauer $\frac{\cdot}{1\cdot}$ Luft bei gleicher Temperatur und unter gleichem Dru tragen, welches für die Siedehitze 0,0005008 gegen bei seiner gröfsten Dichtigkeit giebt.

Ohne diese Versuche schon damals genau zu kennen, nahm ich selbst in den Jahren 1813 und 14 eine grofs anderer, welche zu umfassend sind, als dafs ich hier die tate derselben übergehen dürfte[1]. Hierzu nahm ich ein lon von feinem englischen Glase 155 franz. Kub. Z. halte oberen Theile des Halses mit einer messingnen Fassung g Aufschrauben auf die Luftpumpe versehen, und mit dem schliefsenden Hahne f, um der äufsern Luft auch auf l Zeit allen Zugang abzuschliefsen, und jeden Versuch me wiederholen zu können. Aus der Fassung war ein Ther ter so herabgelassen, dafs die Kugel desselben a sich mö genau im Mittelpuncte des Ballons befand; die Rückse Thermometerscale trug aber ein kleines Heberbarometer b sowohl beim Exantliren den Grad der Verdünnung und her das feste Schliefsen aller Theile zu controliren, al späterhin die Elasticität des eingeschlossenen Dampfes b

Fig. 117.

1 Physicalische Abhandlungen. Giefsen 1816. Im Aus Schweigger J. XXII. 1.

:hiedenen Temperaturen beiläufig zu messen. Die Flüssigkeit, is welcher der Dampf gebildet werden sollte, befand sich in leinen Röhrchen r mit feinen Spitzen, wie in den Versuchen on Gay-Lüssac, und diese wurden vermittelst zweier, auf ie Enden gesteckter Bleikugeln α,α durch eine Erschütterung es Ballons zerschellt, und so der Ballon mit Dampf gefüllt. lauptsächlich aber war erforderlich darauf zu achten, daſs eine Feuchtigkeit im Ballon blieb. Zu diesem Ende trocknete ch denselben sorgfältig, welches bei der ausnehmenden Klarheit des englischen Glases zwar nicht ohne Mühe, aber eben so icher als vollständig geschehen konnte, exantlirte ihn bis zur uftverdünnung von 2 bis 0,5 Lin., füllte ihn dann mit Luft, elche über kaustischem Kali getrocknet war, exantlirte abermals, und wiederholte dieses Verfahren wohl zwei bis dreimal, rschellte dann das Röhrchen, und suchte durch allmäliges, rsichtiges Erwärmen diejenige Temperatur zu finden, bei elcher alle Flüssigkeit völlig expandirt war, ohne an den inren Wänden des Ballons den geringsten, leicht kenntlichen, iederschlag zu bilden. Als Resultat der gesammten Versuche ht gleichfalls hervor, daſs die Dichtigkeit der Dämpfe zur uft unter gleichem Drucke und bei gleicher Temperatur eine nstante Gröſse sey, welches Verhältniſs indeſs um eine Kleiigkeit gröſser ist, als daſs von Gay-Lüssac gefundene, nämich 10 : 15,75, auch nimmt dieses Verhältniſs bei höheren Temraturen zu, wie aus der Natur der Dämpfe von selbst folgt.

Eine Vergleichung beider Versuchsreihen mit einander eht mir billigerweise nicht zu, indeſs unterliegt jede zwei mögchen oder unvermeidlichen Fehlern, die übrigens erforderlie Genauigkeit der Beobachtung und Messung als bei beiden eich vorausgesetzt. Bei der von Gay-Lüssac gewählten Meode giebt die das Quecksilber in der Meſsröhre herabdrücken: Capillardepression den Raum zu groſs, und die Erhitzung onnte leicht etwas Luft und Wasser von dem nicht ausgekochn Quecksilber, welches freistehend oder beim Einfüllen in die öhre etwas Feuchtigkeit und Luft aufnehmen muſste, wieder tbinden, welche beide Ursachen die Dichtigkeit zu geringe ben. Hätte Gay-Lüssac aber das Quecksilber vorher in der öhre ausgekocht, so hätte das Quecksilber etwas Feuchtigkeit gesogen, wodurch die Capillardepression mehr als compen-

sirt werden wäre, und er mufste dann das Verhältnifs der D tigkeit zu grofs finden. Beide Fehler bei ihm sind unvermeid lich. Die möglichen Fehler bei meinen Versuchen konnten aus entstehen, wenn etwas feuchte Luft oder Feuchtigkei Ballon zurückblieb, wodurch die Dichtigkeit zu klein gefun werden mufste, oder wenn in der undurchsichtigen Fas des Ballons ein unbemerkter Niederschlag entstand, wod sie im Gegentheil zu grofs gefunden wäre. Der erstere F ist durch das gewählte Verfahren völlig vermieden, dem z ten suchte ich dadurch zu begegnen, dafs ich die Fassung etwas wärmer erhielt, als den übrigen Ballon, welches w der Blänke des Metalles leicht zu bewerkstelligen war. I lich kam der Genauigkeit der Versuche noch der Umstan statten, dafs die erhaltenen Gröfsen gar keiner Correction durften, und die Messung derselben überhaupt höchst ein war. Indem ich nämlich den Inhalt des gebrauchten Ba durch hineingefülltes Wasser bei einer Temperatur von 3°,8 4,4 C. also nahe genau bei seiner gröfsten Dichtigkeit durch Gewicht bestimmte, mit den nämlichen, genau unter ein verglichenen, Gewichtstücken aber die Quantität derjen Flüssigkeit abwog, welche nachher in den Ballon gebracht einer zu suchenden Temperatur denselben mit Dampf im M mo seiner Dichtigkeit anfüllte; so durfte ich blofs das let Gewicht durch das erstere dividiren, um das Verhältnifs Dampfes zum Wasser im Maximo seiner Dichtigkeit unmitt zu erhalten. Indem übrigens die Resultate so genau mit ein der übereinstimmen, so nehme ich keinen Anstand, die d meine eigenen wiederholten Versuche gefundenen bei der n folgenden Berechnung zum Grunde zu legen, um so mehr, sie den Bestimmungen, welche andere Physiker früher gefun haben, näher kommen, als die von Gay-Lussac.

Despretz [1] bestimmte die Dichtigkeit der Dämpfe von nigen Flüssigkeiten dadurch, dafs er einen Ballon erst leer, d mit Dampf erfüllt, wog, und aus der Differenz des Gewichts Menge der verdampften Flüssigkeit erhielt. Seine Reduction wodurch er den Dampf auf 0° Temperatur nach der Voraus

---

1 Ann. C. P. XXI. 143.

; reducirt, dafs er sich gleichmäfsig wie die Luft ausdehnen
, machen die Sache unnöthig weitläuftig, und entfernen die
ıltate von der Wahrheit, indem doch offenbar Dampf bei
'emperatur gebildet etwas ganz anderes ist, als der bei 11°
15° C. entstandene. Seine Versuche über Wasserdämpfe
ɜn indefs ein dem von Gay-Lüssac erhaltenen sehr nahe
ches Resultat gegeben haben. Berechnet man dieselben ganz
ach, so ergiebt sich Folgendes. Der Ballon fafste bei 15° C.
746 Litres, welche mit Rücksicht auf die Ausdehnung durch
rme nahe genau 9374,66 Grammes an Gewicht betragen,
ın man das Verhältnifs zu Wasser bei seiner gröfsten Dich-
eit verlangt. Der Wasserdampf im Ballon wog bei 17°,44 C.
r 13°,9 R. 0,102 Grammes, mithin ist die Dichtigkeit ge-
Wasser nahe genaue 0,00001088 . . etwas zu klein; für
,31 = 15°,46 R. aber, wobei das Gewicht des Dampfes
34 Grammes gefunden wurde, ist dasselbe auf gleiche Weise
e genau 0,00001429 . . gleichfalls etwas zu klein, mit den
timmungen von Gay-Lüssac jedoch allerdings nahe über-
stimmend. Der Apparat übrigens, dessen er sich bediente,
einer der einfachsten, und am leichtesten zu behandeln, giebt
r die Dichtigkeiten sehr leicht zu klein an, wenn man nicht
auf sieht, dafs noch stets etwas Flüssigkeit zum Verdam-
n vorhanden ist. Despretz scheint diesen Fehler nicht ver-
iden zu haben, wie eine Prüfung seiner Versuche ergeben
rd. Der von ihm gebrauchte Apparat besteht aus einem Ba-
neter A A von einer dreifachen Weite, als gewöhnliche Baro- Fig. 118.
ter zu haben pflegen, mit einem oben angebrachten Hahn α
l aus einem anderen Barometer C in ein gemeinschaftliches
ecksilbergefäfs $v v$ gesenkt. In das erstere Barometer wird
Feuchtigkeit gebracht, dann wird die möglichst luftleere
gel B aufgeschroben, die Hähne werden geöffnet, und diese
lt sich mit Dampf, welcher nachher gewogen werden kann;
: Differenz der Quecksilberhöhe in beiden Barometern aber
bt die der Temperatur zugehörige Elasticität, welche indefs
gen der Capillardepression zu grofs gefunden werden mufs,
nn man die Dichtigkeit nicht zu klein erhalten will.

Alle bisher erwähnten Versuche über die Dichtigkeit des
ısserdampfes beziehen sich auf Temperaturen unter dem Sie-

angesetzt. Southern[1] hat indeſs diese Bestimmung auch für höhere Wärmegrade aus der Menge des Dampfes zu erhalten gesucht, welche einen Stiefel von gemessenem Inhalte füllten, wodurch indeſs, ohne groſse Sorgfalt anzuwenden, aus leicht begreiflichen Gründen keine völlig scharfe Resultate zu erwarten sind. Dennoch aber hat dieser geübte Physiker drei vortreffliche Resultate erhalten, und zugleich das aus theoretischen Gründen schon früher angenommene Gesetz auch für diese Temperaturen bestätigt gefunden, nämlich daſs die Dichtigkeiten sehr nahe den Elasticitäten proportional sind. Seine absoluten Bestimmungen sind folgende:

Für 229° F. = 87°,56 R. Dichtigkeit = 0,00082755
— 270 — = 105,78 — — — = 0,00170140
— 295 — = 116,89 — — — = 0,00247620

welche mit der nachfolgenden, nach meinen Versuchen berechneten Tabelle bis auf verschwindende Unterschiede übereinkommen. Insofern aber, bei völliger Uebereinstimmung der ersten Gröſse die beiden letzteren die Dichtigkeiten noch etwas gröſser geben, als diese in der Tabelle berechnet sind, so liegt hierin ein Beweis, daſs die bei der letzteren zum Grunde liegenden Elemente den Resultaten der Versuche angemessen seyn müssen, um auch für höhere Temperaturen auszureichen, und daſs das Verhältniſs der Dichtigkeit von mir keineswegs zu groſs genommen sey. Daſs übrigens Southern die Dichtigkeit des Dampfes auf die angegebene Weise auf keinen Fall zu klein finden konnte, wohl aber zu groſs, wenn mechanisch fortgerissenes Wasser mit in den Stiefel eindrang, fällt von selbst in die Augen.

Die Verhältnisse der Dichtigkeiten sind 40,00; 82,24; 119,70, der Elasticitäten aber 40; 80; 120, woraus also das angegebene Gesetz Bestätigung erhält[2].

---

1 Robison Mech. Phil. II. 163. Frühere Versuche von Southern und Sharpe bei Thomson Système de Chim. Suppl. 143. stimmen weniger überein.

2 Wenn Despretz in Ann. de Ch. P. XXI. 152. das Gegentheil gefunden haben will, so liegt dieses daran, daſs er die Elasticitäten nach Dalton zum Grunde legt. Später hat er durch eigene Versuche das Nämliche gefunden. S. Traité. 125.

Die Dichtigkeit des Wasserdampfes für die höchsten und drigsten Temperaturen zu kennen ist in mehrfacher Hinht, hauptsächlich aber für die Meteorologie und die praktie Benutzung des Dampfes von sehr grofser Wichtigkeit, und nufs hieraus der Wunsch hervorgehen, dieselbe nicht blofs einige Grade der Wärme durch mühsame Versuche zu bemen, sondern zugleich eine allgemeine Formel zur Berechg derselben aufzufinden. Berücksichtigt man die grofse nlichkeit der Gasarten und der Dämpfe, so kann man im emeinen schliefsen, dafs das für jene aufgefundene Gesetz ı auf diese passen müsse, oder dafs die Dichtigkeiten den ticitäten direct proportional seyn werden. Uebersieht man fs zugleich nicht, dafs nach dem, schon oben in den allgeıen Beobachtungen über die Dichtigkeit der Dämpfe angenen, Verhalten durch Verminderung eines gegebenen Rauvoll Dampf im Zustande des Gesättigtseyns nicht wie bei rten die Dichtigkeit und Elasticität desselben dem Raume ekehrt proportional, sondern sich selbst gleichbleibend ist, m dann eine der Verminderung des Raumes proportionale ge des Dampfes im tropfbar flüssigen Zustande ausgeschiewird, und dafs zugleich bei unverändertem Raume, aber heter Wärme, die Elasticität desselben zwar wächst, dere aber zugleich unter das Maximum seiner Dichtigkeit herinkt, so folgt hieraus, dafs die Dichtigkeit des Dampfes der ticität directe, der Temperatur aber umgekehrt proportioseyn mufs. Ohngeachtet indefs das Verhalten der Gasarten nach ein anderes ist, als das der Dämpfe, so stimmen doch ı jene darin mit diesen überein, dafs bei gleichbleibender ticität ihre Dichtigkeit der Wärme nach dem Gesetze der lehnung durch dieselbe umgekehrt proportional ist. Zuh aber ist oben schon gezeigt, dafs die Elasticität der pfe eine Function der Temperaturen und Dichtigkeiten sey, us folgt, dafs die Elasticitäten und Dichtigkeiten gegenseiurch einander, beide aber durch die Temperaturen bewerden.

La Place war, so viel mir bekannt ist, der erste, welcher die Dichtigkeit der Dämpfe ein allgemeines Gesetz aufstellıdem er aus den Versuchen von Dalton, Saussüre und : folgerte, dafs dieselbe bei gleichen Elasticitäten und

Temperaturen $\frac{10}{14}$ von der Dichtigkeit der Luft betrage [1]. daher die Dichtigkeit der Luft ρ, so ist für einen Bar stand $=$ H und eine Temperatur $=$ t in Centesimalgr Dichtigkeit des Dampfes

$$\delta = \frac{10}{14} \rho \frac{e}{H} \left(\frac{1}{1+0{,}00375t}\right)$$

Aus der oben vorgenommenen Prüfung der verschieden suche folgt indefs, dafs diese Bestimmung die Dichtigl grofs giebt. Nach einer andern Angabe von La Plac wird die Dichtigkeit des Dampfes bei 15° R. zu klein g weil bei der Berechnung die durch Watt gefundene mung zum Grunde liegt, wonach der siedendheifs 1600 mal dünner als Wasser seyn soll. Gay-Lüss durch seine oben erwähnten Versuche das von La Pla gebene Gesetz bestätigt, aber für einen Coefficienten d tigkeit von $\frac{10}{16}$ gegen Luft bei gleicher Temperatur und cität [2].

Die oben für die Elasticitäten der Dämpfe benut J. T. Mayer aufgestellte, Formel geht davon aus, die tät als eine Function der Dichtigkeit und der T tur anzusehen, wodurch sie in ihrer einfachsten $e = \mu \delta (1 + At)$ giebt, wenn e die Elasticität, δ d tigkeit und t die Temperatur nach R. bezeichnet. wird umgekehrt

$$\delta = A \frac{e}{213+t}.$$

wenn man annimmt, dafs die expansibelen Flüssigke um $\frac{1}{213}$ für jeden Grad der achtzigtheil. Scale ausdehn gleich aber der Natur der Sache nach die Dichtigke Elasticitäten directe, den Temperaturen aber umgeke portional setzt. Diese Formel habe ich den von mir in

1 Méc. Cél. IV. 273.

2 Bullet. des Sciences de la Soc. philom. N. 72. dara XXVII. 427.

3 Noch eine gehaltreiche Untersuchung von Tralles bei bei G. XXVII. 411. Indefs übergehe ich dieselbe, weil es zu tig seyn würde, sie im Auszuge mitzutheilen, und man auch ses zum beabsichtigten Ziele gelangen kann.

rechen, mit Ausschlufs der minder genauen, gemessenen Dichtigkeiten des Wasserdampfes angepafst, und sie den erhaltenen Resultaten angemessen gefunden, jedoch in der Art, dafs der für den Factor A gefundene Werth in höheren Temperaturen zu vermindern seyn müfste, wodurch die Formel die Gestalt

$$\delta = A\,(1-wt)\,\frac{e}{213+t}$$

erhalten würde, ohne dafs es mir möglich schien, den Werth von w aus meinen Versuchen mit Sicherheit zu bestimmen, indem dieselben nur die Temperaturen von 0° bis 35° R. umfafsten [1]. Bei nochmaliger Revision der erhaltenen Gröfsen und einer Vergleichung derselben mit den durch andere Physiker, namentlich durch SOUTHERN für höhere Temperaturen gefundenen Dichtigkeiten finde ich die Uebereinstimmung zwischen den durch Beobachtung und Rechnung gefundenen Werthen noch genauer, wenn in der Formel für die Elasticitäten die durch ARZBERGER gefundenen Constanten aufgenommen, und mit den auf diese Weise erhaltenen Werthen von e die Dichtigkeiten berechnet werden. Man darf daher A unbedenklich = 0,0064106984 ... oder kürzer = 0,0064107 nehmen, wonach ohne die Einführung des Factors (1—w) die Formel

$$\delta = 0{,}0064107\,\frac{e}{213+t}$$

die Dichtigkeiten sehr genau giebt.

Wiewohl es natürlich, und unmittelbar auf der Sache selbst gegründet ist, die Dichtigkeit der Dämpfe mit der Dichtigkeit derjenigen Flüssigkeit zu vergleichen, woraus sie gebildet sind, so hat man doch in den letzten Zeiten sie vielmehr mit der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft bei gleichem Drucke und gleicher Temperatur verglichen [2]. Die Dichtigkeit

---

1 Phys. Abh. p. 174.

2 LA PLACE in Méc. Cél. IV. 273. wählte diese Bezeichnungsart, weil sie ihm für die Untersuchung der Strachlenbrechung die bequemste und pafslichste war. Seitdem ist sie in Frankreich, und diesemnach auch in Deutschland fast ganz allgemein aufgenommen. Indefs bin ich, wie die Natur der Sache erforderte, zu der älteren zurückgekehrt, habe jedoch in der nachfolgenden Tabelle auch eine Columne zur Vergleichung mit der Luft hinzugefügt.

der Luft, mit Wasser bei seiner gröfsten Dichtigkeit verglichen, wird durch die Formel [1]:

$$d = 0{,}00128308\left(1-\frac{2h}{R}\right)(1-0{,}002711\cos.2l)\left(\frac{1}{1+t.0{,}00375}\right)\left(\frac{h}{28\,Z.}\right)$$

ausgedrückt. Läfst man hierin die beiden Coefficienten für die Erhebung über der Meeresfläche und die Grade der Breite weg, reducirt den Coefficienten der Wärme auf Grade der achtzigtheil. Scale, drückt allgemein $\frac{h}{28\,Z.}$ durch ε und den Coefficienten der Vergleichung durch α aus, so heifst sie in einfachster Gestalt

$$d = \alpha\left(\frac{1}{1+\frac{t}{213}}\right)\varepsilon$$

und zur leichteren Uebersicht des Verhältnisses der Elasticitäten und Dichtigkeiten.

$$\frac{d}{\varepsilon} = \frac{213\,\alpha}{213+t}.$$

Wird die Formel für die Dichtigkeit der Dämpfe auf gleiche Weise dargestellt, so ist sie

$$\frac{\delta}{e} = \frac{a}{213+t}.$$

Vergleicht man beide mit einander, so ergiebt sich, dafs das Verhältnifs der Dichtigkeiten zu den Elasticitäten der Temperaturen umgekehrt proportional ist, und wenn $213\,\alpha = \alpha'$ gesetzt wird, so folgt, dafs zwischen der Dichtigkeit der Dämpfe und der Luft, wenn bei beiden die Elasticitäten gleich sind, ein constantes Verhältnifs statt finden mufs, welches $= a : \alpha'$ ist. Dieses Verhältnifs in Zahlen ausgedrückt ist 0,65685 : 1 oder aber das Verhältnifs der Dichtigkeit des Wasserdampfes zur Dichtigkeit der atmosphärischen Luft, beide unter gleichem Drucke und bei gleicher Temperatur, ist eine constante Gröfse, welche auch durch $\frac{10}{15{,}2242}$ ausgedrückt werden kann. Gay Lüssac hat statt dessen $\frac{10}{16}$ gefunden, welches von jenem nur wenig abweicht.

---

1 Vergl. *Luft*.

der Regel ist den Physikern am meisten daran gelegen,
en, wie viel Wasser in Dampfgestalt in einem gegebenen
enthalten ist. Berücksichtigt man nun, daſs die Dich-
des Dampfes im leeren Raume von der im lufterfüllten
em gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre nicht verschie-
, so läſst sich aus dem bekannten Inhalte eines Gefäſses
ſe der nachstehenden Tabelle die Menge des darin ent-
ı Dampfes gegen Wasser bei seiner gröſsten Dichtigkeit
nden, wobei aber nicht übersehen werden darf, daſs
Dampf im Maximo der Dichtigkeit vorausgesetzt wird,
elches derselbe nie hinausgehen, wohl aber, namentlich
rfüllten Räumen, sich unter demselben befinden kann.
n also Grund zu vermuthen, daſs der Dampf dieses
m seiner Dichtigkeit nicht erreicht habe, so muſs man
was weniger in Rechnung bringen. Die zweite Columne
elle ist bloſs der interessanten Vergleichung wegen hin-
, um neben dem Verhältniſs der Dichtigkeit des Dam-
en die des Wassers im Maximo seiner Dichtigkeit auch
n Luft bei 0° Temperatur und unter 28 Z. Barometer-
ı haben.

d	d′	t	d	d′
—	.000001	— 13	—	.000722
—	4	12	.000001	814
—	.000011	11	1	916
—	29	10	1	.001029
—	53	9	2	1154
—	79	8	2	1292
—	93	7	2	1444
—	.000108	6	2	1611
—	125	5	2	1795
—	145	4	3	1997
—	168	3	3	2221
—	194	2	3	2457
—	224	1	4	2720
—	257	0	4	3005
—	295	+ 1	4	3320
—	337	2	5	3659
—	385	3	5	4029
—	438	4	6	4429
—	498	5	6	4863
—	565	6	7	5332
—	639	7	8	5839

t	d	d'	t	d
+ 8	.000008	.006887	+ 53	.000177
9	9	6978	54	187
10	.000010	7614	55	197
11	11	8300	56	207
12	12	9036	57	218
13	13	9827	58	229
14	14	.010675	59	240
15	15	11584	60	252
16	16	12557	61	265
17	17	13599	62	278
18	19	14711	63	292
19	20	15900	64	306
20	22	17167	65	320
21	24	18517	66	335
22	26	19955	67	351
23	28	21486	68	367
24	30	23118	69	384
25	32	24841	70	402
26	34	26674	71	420
27	37	28619	72	438
28	39	30680	73	458
29	42	32862	74	478
30	45	35171	75	499
31	48	37613	76	520
32	52	40193	77	542
33	55	42916	78	565
34	59	45790	79	588
35	63	48819	80	613
36	67	52018	81	638
37	71	55375	82	664
38	76	58911	83	690
39	81	62631	84	718
40	85	66541	85	746
41	91	70648	86	775
42	96	74957	87	805
43	.000102	79481	88	836
44	108	84221	89	868
45	114	89189	90	901
46	121	94391	91	935
47	128	99837	92	969
48	135	.10553	93	001005
49	143	.11149	94	1041
50	151	.11772	95	1079
51	159	.12422	96	1118
52	168	.13101	97	1157

d	d′	t	d	d′
.001198	.93373	+ 143	.004411	3,4380
1240	.96632	144	4520	3,5225
1283	.99975	145	4630	3,6085
1327	1,0340	146	4742	3,6960
1372	1,0692	147	4856	3,7849
1418	1,1053	148	4972	3,8752
1466	1,1423	149	5090	3,9672
1514	1,1802	150	5210	4,0606
1564	1,2190	151	5332	4,1556
1615	1,2588	152	5456	4,2521
1667	1,2995	153	5581	4,3501
1721	1,3412	154	5709	4,4496
1776	1,3839	155	5839	4,5510
1832	1,4276	156	5971	4,6538
1889	1,4725	157	6105	4,7583
1948	1,5181	158	6241	4,8644
2012	1,5649	159	6379	4,9720
2069	1,6128	160	6520	5,0814
2132	1,6616	161	6662	5,1923
2196	1,7117	162	6807	5,3049
2262	1,7628	163	6953	5,4193
2329	1,8150	164	7102	5,5353
2398	1,8684	165	7253	5,6530
2467	1,9229	166	7407	5,7726
2539	1,9788	167	7562	5,8940
2611	2,0354	168	7720	6,0168
2686	2,0933	169	7879	6,1410
2762	2,1525	170	8041	6,2673
2839	2,2129	171	8206	6,3954
2918	2,2746	172	8373	6,5254
2999	2,3374	173	8541	6,6570
3081	2,4016	174	8713	6,7905
3165	2,4670	175	8886	6,9258
3251	2,5336	176	9062	7,0629
3338	2,6016	177	9240	7,2018
3427	2,6709	178	9421	7,3424
3517	2,7414	179	9606	7,4851
3610	2,8133	180	9789	7,6296
3704	2,8864	181	9977	7,7759
3800	2,9612	182	.010167	7,9241
3897	3,0372	183	10360	8,0741
3996	3,1145	184	10554	8,2258
4097	3,1933	185	10752	8,3797
4200	3,2735	186	10952	8,5355
4305	3,3551	187	11154	8,6932

t	d	d′	t	d	
+ 188	.011359	8,8528	+ 365	.091357	71
189	11566	9,0143	370	94883	73
190	11776	9,1776	375	98474	76
191	11988	9,3431	380	.10213	79
192	12203	9,5104	385	.10584	82
193	12420	9,6799	390	.10962	85
194	12640	9,8512	395	.11345	88
195	12862	10,023	400	.11735	91
196	13087	10,200	405	.12131	94
197	13314	10,377	410	.12533	97
198	13544	10,556	415	.12939	10
199	13777	10,737	420	.13352	10
200	14012	10,921	425	.13769	10
205	15227	11,868	430	.14193	11
210	16508	12,866	435	.14622	11
215	17857	13,917	440	.15055	11
220	19273	15,021	445	.15495	12
225	20758	16,179	450	.15939	12
230	22313	17,390	455	.16388	12
235	23938	18,657	460	.16842	13
240	25634	19,979	465	.17301	13
245	27402	21,356	470	.17764	13
250	29241	22,790	475	.18232	14
255	31153	24,280	480	.18705	14
260	33137	25,826	485	.19181	14
265	35193	27,429	490	.19663	15
270	37331	29,089	495	.20148	15
275	39525	30,806	500	.20637	16
280	41800	32,578	510	.21629	16
285	44148	34,408	520	.22634	17
290	46568	36,294	530	.23655	18
295	49061	38,238	540	.24691	19
300	51627	40,237	550	.25739	20
305	54265	42,293	560	.26798	20
310	56973	44,404	570	.27873	21
315	59754	46,570	580	.28957	22
320	62604	48,791	590	.30052	23
325	65525	51,070	600	.31157	24
330	68516	53,400	610	.32272	25
335	71576	55,785	620	.33400	26
340	74705	58,224	630	.34528	26
345	77902	60,716	640	.35668	27
350	81167	63,260	650	.36805	28
355	84497	65,855	660	.37970	29
360	87894	68,503	670	.39130	30

d	d′	t	d	d′
.40297	314,07	+ 850	.60682	472,55
.41468	323,19	860	.61839	481,96
.42645	332,37	870	.63045	491,36
.43827	341,58	880	.64251	500,76
.45012	350,82	890	.65455	510,14
.46201	360,08	900	.66658	519,52
.47394	369,38	910	.67859	528,88
.48589	378,70	920	.69059	538,23
.49788	388,03	930	.70257	547,57
.50987	397,38	940	.71450	556,90
.52189	406,75	950	.72647	566,20
.53392	416,13	960	.73840	575,49
.54591	425,52	970	.75029	584,76
.55803	434,92	980	.76215	594,00
.57011	444,33	990	.77400	603,24
.58218	453,74	1000	.78580	612,43
.59425	463,15			

st in vielen Fällen, namentlich bei der Untersuchung
ometeore, interessant und wichtig, die Dichtigkeit des
mpfes gegen Luft bei 28 Z. Bar. und derjenigen Tem-
n kennen, welche zugleich gegeben ist, vorausgesetzt,
den Dampf im Maximo seiner Dichtigkeit vorhanden
nehmen darf. Wird z. B. gefragt, den wie vielsten
er gegebenen Menge von Luft mit Dampf im Maximo
htigkeit gesättigt, dieser Dampf betrage, so giebt, das
1 gesetzt, die Dichtigkeit des Dampfes $= \delta$, diese
öfse die Menge des Dampfes und $1 - \delta$ die Menge der
n indefs diesen Werth von δ zu erhalten, darf man nur
vorstehenden Tabelle enthaltenen Werthe unter d′ mit

multipliciren, weil die Dichtigkeit der Dämpfe in

Verhältnisse wächst, als die der Luft vermöge ihrer
ng durch Wärme abnimmt. Hiernach ist die nach-
Tabelle berechnet, welche also unter δ die den Tem-
zugehörige Dichtigkeit des Wasserdampfes gegen Luft
Z. Barometerdruck und bei der durch die Temperatur
fes bedingten Dichtigkeit derselben enthält.

t	δ	t	δ	t	δ
− 50	.0000007	+ 5	.004977	+ 43	.095526
45	.000003	6	.005482	44	.10162
40	.000009	7	.006031	45	.10803
35	.000024	8	.006627	46	.11478
30	.000046	9	.007267	47	.12187
29	.000068	10	.007972	48	.12932
28	.000080	11	.008728	49	.13714
27	.000094	12	.009545	50	.14535
26	.000110	13	.010426	51	.15396
25	.000128	14	.011377	52	.16309
24	.000149	15	.012399	53	.17245
23	.000173	16	.013501	54	.18236
22	.000201	17	.014684	55	.19272
21	.000232	18	.015954	56	.20357
20	.000267	19	.017318	57	.21492
19	.000307	20	.018779	58	.22678
18	.000352	21	.020343	59	.23927
17	.000403	22	.022017	60	.25211
16	.000461	23	.023806	61	.26562
15	.000525	24	.025717	62	.27971
14	.000597	25	.027751	63	.29441
13	.000678	26	.029930	64	.30973
12	.000768	27	.032257	65	.32569
11	.000869	28	.034714	66	.34231
10	.000981	29	.037337	67	.35962
9	.001106	30	.040126	68	.37764
8	.001244	31	.043087	69	.39638
7	.001397	32	.046232	70	.41587
6	.001566	33	.049567	71	.43612
5	.001753	34	.053100	72	.45716
4	.001959	35	.056841	73	.47904
3	.002186	36	.060804	74	.50179
2	.002434	37	.064994	75	.52535
1	.002707	38	.069421	76	.54974
0	.003005	39	.074100	77	.57508
+ 1	.003335	40	.079037	78	.60134
2	.003694	41	.084324	79	.62855
3	.004085	42	.089736	80	.65681
4	.004512				

B. Alkoholdampf.

Der Versuche über die Dichtigkeit des *Alkoholdampfes* giebt es nur wenige. Dahin gehören zwei Bestimmungen von

G. Schmidt [1], wonach die Dichtigkeit des Weingeistdampfes en Wasser bei 17°,5 R. = 0,0001123 und bei 63°,5, der lehitze desselben, = 0,00162 gefunden ist. Die letztere, leichtesten mit Genauigkeit zu findende Gröfse stimmt mit durch Gay-Lüssac erhaltenen, eben wie mit meinen eige-, nach der Mayerschen Formel berechneten [2], bis auf eine chwindende Gröfse überein. Gay-Lüssac [3] fand nämlich ı gehöriger Reduction des Barometerstandes und der Tem-tur das Verhältnifs des Alkoholdampfes bei der Siedehitze laximo seiner Dichtigkeit gegen Luft = 1,613 : 1. Nimmt aber das Verhältnifs der Dichtigkeiten von Luft bei 0° peratur und 28 Z. Barometerstand gegen Wasser im Ma-› seiner Dichtigkeit = 0,00128308 : 1 und corrigirt die-Verhältnifs für den Siedepunct des Alkohols, nämlich 5 R. = 79°,4 C., so ergiebt sich die Dichtigkeit des Alko-ampfes gegen Wasser = 0,0015948, welche Bestimmung der in der nachfolgenden Tabelle berechneten eine Diffe-= — 0,0000095 giebt. Eine gleiche Uebereinstimmung dem nach der Mayerschen Formel und den aus meinen Ver-en hierfür gefundenen Constanten giebt ein Versuch, wel-ı v. Saussüre d. jüngere angestellt hat [4], wonach er bei R. die Dichtigkeit des Alkoholdampfes gegen Wasser),000097413 fand. Die Rechnung giebt 0,00009691 also igt der Unterschied + 0,000000503. Bei so genauer Ue-ihstimmung aller Versuche mit der Rechnung trage ich kein nken, in der nachfolgenden Tabelle die nach der Mayer-n Formel berechneten Dichtigkeiten des Alkoholdampfes isetzen, in welcher ich den Coefficienten A = 0,016 aus en Versuchen gefunden habe, und wonach sie heifst

$$\delta = 0{,}016 \frac{e}{213 + t}.$$

ı δ die Dichtigkeit gegen Wasser im Maximo seiner Dich-it, e die Elasticität in Par. Zollen und t die Temperaturen

---

[1] Handbuch d. Naturl. I. 298.
[2] Phys. Abhandl. p. 242.
[3] Despretz Traité. 123. Vergl. Ann. de Chim. LXXX. 218.
[4] J. de Ph. LXIV. 316. daraus bei Gehlen J. IV. 60.

nach R. bezeichnet. Die Elasticitäten sind hierin aus der oben mitgetheilten Tabelle genommen.

t	δ gegen Wasser	gegen Alkohol = 0,792	t	δ gegen Wasser	gegen Alkohol = 0,792
— 30	.00000138	.00000168	+ 35	.00032535	.00041080
— 25	233	294	36	34622	43714
— 20	395	500	37	36823	46945
— 15	653	.00001262	38	39146	49438
— 10	.00001053	1329	39	41596	52521
— 5	1659	2095	40	44176	55777
0	2558	3230	41	46894	59210
1	2783	3514	42	49757	62842
2	3025	3820	43	52770	66629
3	3286	4194	44	55938	70628
4	3566	4503	45	59273	74840
5	3866	4883	46	62777	79264
6	4191	5292	47	66459	83912
7	4539	5731	48	70326	88295
8	4912	6202	49	74385	93921
9	5311	6706	50	78646	99301
10	5740	7248	51	83117	.0010494
11	6198	7826	52	87803	11086
12	6688	8445	53	92716	11706
13	7213	9107	54	97864	12356
14	7773	9814	55	.0010325	13037
15	8371	.00010570	56	10890	13570
16	9010	11376	57	11481	14496
17	9691	12236	58	12099	15277
18	.00010417	13153	59	12746	16093
19	11189	14128	60	13422	16947
20	12014	15169	61	14130	17839
21	12890	16275	62	14867	18771
22	13822	17452	63	15638	19745
23	14812	18702	64	16443	20761
24	15864	20030	65	17284	21822
25	16981	21441	66	18160	22930
26	18166	22937	67	19074	24084
27	19423	24525	68	20028	25288
28	20757	26208	69	21022	26452
29	22168	27990	70	22057	27580
30	23663	29877	71	23189	29279
31	25245	31875	72	24259	30631
32	26919	33899	73	25429	32108
33	28689	36224	74	26646	33642
34	30560	38585	75	27915	35234

t	δ gegen Wasser	gegen Alkohol = 0,792	t	δ gegen Wasser	gegen Alkohol = 0,792
80	.0035040	.0044243	+ 120	.016900	.0213380
85	43653	55118	140	32469	409960
90	53990	68170	160	58163	734380
95	66315	83731	180	98187	.1239700
100	80921	.0101880	200	.157550	.1989300

C. Schwefelätherdampf.

Auch über die Dichtigkeit des *Schwefelätherdampfes* be ich sowohl mit unreinem als auch mit ganz reinem Aether ie Reihe von Versuchen angestellt, und die Resultate mit en durch die Berechnung nach der Mayerschen Formel er-tenen verglichen [1]. Sie sind bei weitem leichter als die mit ser und Alkohol, weil der Aetherdampf ungleich dichter und man daher mit weit gröſseren Mengen dieser Flüssig- arbeitet, und da jene Versuche mit andern genauen Beob-tungen sehr übereinstimmende Resultate geliefert haben, ist nicht wohl zu erwarten, daſs diese sich von der Wahr-it bedeutend entfernen sollten. Der Apparat und die Art des perimentirens waren übrigens die nämlichen als diejenigen, che oben bei der Prüfung der Dichtigkeit des Wasserdam-fs beschrieben sind. Werden die erhaltenen Resultate mit de-n anderer Physiker verglichen, so ergiebt die Zusammenstel-ng Folgendes. Th. v. Saussüre [2] fand die Dichtigkeit des therdampfes nach der Quantität, welche ein mit Luft erfüll-r Raum aufzunehmen vermag, bei 18° R. = 0,0017524. ine Versuche ergeben dagegen 0,0012095 gegen Wasser im ximo der Dichtigkeit, und die Differenz beider beträgt also 00054. Indeſs giebt v. Saussüre seinen Versuch nur für ei-n unvollkommenen, und das erhaltene Resultat für ein ge-hertes aus, auch findet er das letztere auf eine nicht hinläng-h scharfe Weise. Zugroſs ist gleichfalls die Bestimmung durch y-Lüssac [3], wonach die Dichtigkeit des Aetherdampfes bei

1 Phys. Abhandl. p. 259.
2 J. d. P. LXIV. 316. Gehlen J. IV. 48. G. XXIX. 125.
3 Ann. de Chim. LXXX. 218. daraus bei G. XLV. 333.

80°,4 R. als dem Siedepuncte des gebrauchten Aethers von 0,7865 sp. Gew. gegen Wasser 0,0028948 betragen soll, statt dafs aus meinen Versuchen 0,002168 folgt. Gegen atmosphärische Luft setzt derselbe [1] das constante Verhältnifs = 2,586. Wird diese Angabe nach dem Verhältnifs der Dichtigkeit der Luft zum Wasser, mit Weglassung der Correctionen für Wärme, Breite und Erhebung über die Meeresfläche = 0,00128308 : 1 auf Wasser reducirt, so giebt dieses für den Siedepunct des Aethers = 37° C. oder nahe 30° R. die Dichtigkeit des Dampfes = 0,002914, also gegen die aus meinen Versuchen erhaltene Bestimmung 0,000796 beträchtlich zu grofs. Soll dieses aber die Dichtigkeit bei der Siedehitze des Wassers bezeichnen, wie nach Despretz zu folgen scheint, so ist die Gröfse bedeutend zu klein. Indefs läfst sich die Dichtigkeit der Dämpfe im Maximo nicht auf die Weise, wie dort geschehen ist, auf höhere oder niedere Temperaturen reduciren, indem man ihre Ausdehnung derjenigen gleichsetzt, welche für atmosphärische Luft gefunden ist, weil hiernach bei zunehmenden Temperaturen der Dampf nicht im Maximo der Dichtigkeit bleibt, bei abnehmenden aber eine Quantität tropfbare Flüssigkeit ausgeschieden, und die Elasticität bedeutend vermindert wird.

Despretz [2] suchte vermittelst seines oben beschriebenen Apparates die Dichtigkeit des Aetherdampfes bei 9°,12 und 9°,65 R. zu bestimmen. Der Ballon hielt nach der Correction für die Wärme 9,37466 Litres, und der Dampf in demselben wog 3,197 und 4,967 Grammes, eine Differenz, welche gröfser ist, als dem Temperaturunterschiede zukommt. Indefs giebt jenes 0,00034102, dieses 0,00052983 gegen Wasser im Maximo der Dichtigkeit, wogegen ich 0,0007594 für 9° und 0,0008009 für 10° R. gefunden habe. Beide Bestimmungen bleiben also hinter den meinigen bedeutend zurück, und sind um so mehr gegen die durch Gay-Lüssac erhaltenen beträchtlich zu klein. Indefs mufs es auffallen, dafs Despretz zugleich die Elasticitäten = 3,154 und 4,891 Par. Zolle gefunden hat, folglich so klein, als mit keinen sonstigen Beobachtungen vereinbar ist. Wenn ich indefs die den angegebenen Elasticitäten

1 Despretz Traité. p. 123.
2 Ann. C. P. XXI. 149.

nmenden Dichtigkeiten suche, so finde ich für jene nahe
ı 0,00030, für diese nahe genau 0,0004190, beide Wer-
nit den durch Despretz gefundenen so nahe übereinstim-
l, dafs man hiernach berechtigt wird zu schliefsen, der
hm gewogene Dampf sey nicht gesättigt gewesen, ein Feh-
welcher nach meinen widerholten Erfahrungen bei dem
jenem Gelehrten gebrauchten Apparate schwer vermeid-
ist.

Die durch meine Versuche erhaltenen Werthe liegen so-
in der Mitte zwischen denen von Gay-Lüssac und von
retz gefundenen, und ich mufs sie daher noch immer um
ıehr für die genaueren halten, als der gebrauchte Apparat
so grofse Mengen von Flüssigkeit nicht füglich bedeutende
er zuliefs, und zugleich die Dichtigkeit des Aetherdampfes
a Wasser im Maximo seiner Dichtigkeit ohne alle so leicht
ngen herbeiführende Correctionen unmittelbar angab. Sucht
hiernach für die Mayersche Formel den constanten Factor
so wird

$$\delta = 0{,}0179 \frac{e}{213 + t}$$

hierin die oben gefundenen Werthe für e gesetzt, giebt fol-
le Dichtigkeiten für die Temperaturen = t nach R.

t	δ gegen Wasser	δ gegen Aether = 0,717	t	δ gegen Wasser	δ gegen Aether = 0,717
30	.0000605	.0000844	+ 6	.0006455	.0009002
25	888	.0001238	7	6813	9502
20	0001276	1780	8	7177	.0010010
15	2268	2513	9	7594	10592
10	2500	3488	10	8009	11172
5	3416	4765	11	8443	11775
4	3630	5062	12	8896	12408
3	3854	5376	13	9369	13068
2	4090	5711	14	9863	13756
1	4339	6051	15	.0010378	14475
0	4599	6415	16	10915	15224
1	4873	6797	17	11475	16004
2	5160	7197	18	12059	16818
3	5461	7618	19	12664	17663
4	5776	8263	20	13299	18548
5	6108	8519	21	13957	19467

t	δ gegen Wasser	δ gegen Aether = 0,717	t	δ gegen Wasser	δ ge Aeth = 0,…
+ 22	.0014642	.0020122	+ 50	.0048306	.0067…
23	15355	21416	52	52101	72…
24	16096	22449	54	56128	78…
25	16865	23522	56	60401	84…
26	17665	24637	58	64929	90…
27	18495	25795	60	69722	97…
28	19357	26997	62	74792	.0106…
29	20298	28310	64	80148	111…
30	21180	29549	66	85804	119…
32	23140	32273	68	91778	127…
34	25245	35209	70	98040	136…
36	27503	38359	75	.0115250	160…
38	29923	41734	80	134780	187…
40	32512	45344	85	156670	218…
42	35279	49203	90	181280	252…
44	38232	53322	95	213620	297…
46	41382	57715	100	239330	333…
48	44736	63294			

D. Schwefelkohlenstoffdampf.

Hierüber kenne ich aufser der Bestimmung von Gay-L sac [1], welcher seine Dichtigkeit = 2,645 gegen Luft ang nur noch die von Despretz [2] gefundene. Werden die i Versuchen erhaltenen Gröfsen nach der mehrmals angewan Methode auf Wasser im Maximo der Dichtigkeit und auf l bei 28 Z. Barometerstand und 0° Temperatur reducirt, so hält man folgende Werthe:

t nach R.		δ gegen Wasser		δ gegen Luf
11°,82	—	0,0005540	—	0,43183
12°,21	—	0,0003504	—	0,27310
12°,25	—	0,0002958	—	0,23054
12°,69	—	0,0008733	—	0,68063
13°,29	—	0,0003237	—	0,25232

Diese Resultate stimmen weder unter einander überein, wachsen die Dichtigheiten mit den Temperaturen, und

1 Ann. de Chim. LXXX. 218. G. XLV. 333.

2 a. a. O.

r noch neue Versuche erforderlich, um das Gesetz der
tigkeiten aufzufinden.

E. Terpentinspiritus-Dampf.

Gay-Lüssac [1] bestimmt die Dichtigkeit desselben gegen
t als Einheit = 5,013, und da ein Litre bei 0° Temperatur
0,76 Metres Barometerstand 6,515 Grammes wiegen soll,
räre dieses 0,006515 gegen Wasser bei seiner gröſsten Dichteit [2]. Dieser Dampf hätte sonach die gröſste Dichtigkeit,
geachtet der Siedepunct bei 120°,8 R. liegt [3]. Auch der
wefelkohlenstoff siedet bei höherer Temperatur, als Schwefelr, und giebt doch einen dichteren Dampf, weswegen das von
ɪsöɴᴇ aufgestellte Gesetz, daſs die Dichtigkeiten der Dämpfe
m Siedepuncte umgekehrt proportional sey, nicht allgemein
ig ist.

F. Joddampf.

Dieser soll eine Dichtigkeit = 8,61 haben [4].

G. Hydriodnaphthadampf.

Die Dichtigkeit desselben wird von Gay-Lüssac [5] zu 5,475
geben, die atmosphärische Luft als Einheit genommen; den
punct dieser Flüssigkeit aber findet er bei 65° C.

---

1 Despretz Traité. 123.

2 Daſs diese Bestimmung ungenau seyn müsse, folgt aus der Na-der Dämpfe, wie schon öfters bemerkt ist. Anstatt daſs nämlich Dampf durch Verminderung der Temperatur dichter werden sollte, er vielmehr dünner, und die bei den Franzosen übliche Correction m der Ausdehnung expansibeler Flüssigkeiten durch Wärme ist da-auf Dämpfe durchaus nicht anwendbar. Nehmen wir aber den Sie-nct des Terpentinspiritus nur bei 125° C. an, setzen die übrigen immungen als richtig voraus, obgleich nicht abzusehen ist, wie -Lüssac mit seinem Apparate Temperaturen über dem Siedepuncte en konnte, und corrigiren so wieder rückwärts, so ist die Dichtig- des Terpentinspiritusdampfes bei der Siedehitze gegen Wasser 1,003054.

3 Die Angaben des Siedepunctes dieser Flüssigkeit sind sehr ver-den.

4 Despretz a. a. O. p. 99.

5 Ann. de Chim. XCI. 95 u. 150. Ann. C. P. I. 218.

H. Salzätherdampf.

Soll nach Thénard [1] eine Dichtigkeit = 2,219 habe den Siedepunct bei 11° C.

I. Blausäuredampf.

Hat nach Gay-Lüssac [2] eine Dichtigkeit = 0,948, d Siedepunct bei 26°,5 C.

4. Dämpfe unter dem Maximo ihrer Dichtigkeit.

Alle diese Untersuchungen gelten bloſs für Dämpfe im M ximo ihrer Dichtigkeit, oder aber wenn ein gegebener Ra so viel Flüssigkeit in Dampfform enthält, als er zu fassen v mag, in welchem Zustande allein gewisse feste Gesetze se Verhaltens aufgefunden werden können. Daſs es keinen Z stand der Dämpfe *über* dieses Maximum ihrer Dichtigkeit ge könne, versteht sich von selbst. Indeſs befinden sie sich ni allezeit in diesem Zustande der Sättigung, oder der vollen Di tigkeit, weil sie als expansibele Substanzen dem Bestreben na Expansion folgen, und sich daher in jeden beliebigen Ra auszudehnen vermögen, so weit das *Mariottesche* Ges gültig ist. Höchst wahrscheinlich leidet dieses Gesetz ei vollständige Anwendung auch auf die Dämpfe so lange, bis das Maximum ihrer Dichtigkeit erreichen [3], in welchem Fall sie den eben untersuchten Gesetzen folgen. Es versteht sich indeſs leicht, daſs über dieselben, so lange sie sich nicht i Zustande der vollen Dichtigkeit befinden, keine besonder Gesetze aufgestellt werden können, und man hierbei auf über die expansibelen Flüssigkeiten überhaupt bekannten rückkommen muſs.

5. Gemischte Dämpfe.

Die bisher untersuchten Gesetze der latenten Wärme, de Elasticitäten und Dichtigkeiten der Dämpfe sind nur so lang

---

1 Mém. de la Soc. d'Arcueil. I. 121.

2 a. a. O.

3 Ueber ihre Ausdehnung durch Wärme vergl. *Ausdehnung*.

ltig, als die Flüssigkeiten, woraus dieselben gebildet wurden, h im Zustande der Reinheit befinden, werden aber abgeändt, sobald ihnen heterogene Körper beigemischt sind. Namentlich zeigt sich in dieser Hinsicht ein merkwürdiges Verhalten der Elasticitäten. Wasser mit Kochsalz verbunden siedet i höherer Temperatur als reines, und seine Dämpfe können ihr bei der Siedehitze des letzteren diejenige Elasticität nicht ben, welche den aus reinem Wasser gebildeten eigen ist, obich beide, einmal gebildet, reine Wasserdämpfe sind. Noch ffallender zeigt sich dieses Phänomen, wenn man in dem ecksilber einer torricellischen Röhre, in deren oberem Ende h etwas Wasser und somit auch Wasserdampf befindet, eine ine Quantität Soda aufsteigen läfst. Sobald diese das Wasser icht, und sich damit verbindet, verlieren die Dämpfe von r Elasticität, obgleich sie nicht das Mindeste von der Soda ich aufnehmen. Biot [1] erklärt dieses Phänomen aus den sen der Affinität. Diejenigen Dampfschichten nämlich, he die Lage der Flüssigkeiten unmittelbar berühren, wer von derselben angezogen, und ihre Spannung kann nicht ser seyn, als es die Leichtigkeit verstattet, womit die ge- ne Flüssigkeit die Dampfbildung erlaubt, oder die Dämpfe der jedesmaligen Temperatur ausgestofsen werden. Indem dieses aber auf die nachfolgenden Schichten fortpflanzt, s die Elasticität im Allgemeinen vermindert werden.

Befinden sich Dämpfe von zwei oder mehreren Flüssigkei- in einem gegebenen Raume, so ist ihre Elasticität nicht derjenigen gleich, welche die am meisten elastischen aus-, sondern wahrscheinlich der Summe derjenigen, welche en nach dem Verhältnifs ihrer Mischung zukommen, wenn anders neben einander bestehen. Hierüber haben wir sehr eressante Versuche von Gay-Lüssac [2]. Desormes und Clément hatten nämlich gefunden, dafs die Elasticität des Aetherdampfes im torricellischen Raume durch Zusatz von etwas asser vergröfsert wurde, und wufsten dieses anscheinend

---

1 Traité I. 286.

2 Berthollet Essay de Statique chim. Par. 1803. T. I. not. 17. aus bei G. XXIX. 113. Vergl. XIV. 100.

paradaxe Phänomen nicht zu erklären. GAY-LUSSAC zeigte sehr genügend, dafs das zugesetzte Wasser den de ther beigemischten Alkohol gebunden habe, wodurch d therdämpfe ihre Elasticität frei üben konnten, welches aus directen hierüber angestellten Versuchen unmittelbar Zugleich aber zeigte sich hierbei, dafs Wasser und Alkoho ander banden, indem sonst zu der Elasticität der früher henden Dämpfe noch die der Wasserdämpfe hätten hinzu men müssen. Auch ich selbst habe die Elasticitäten des ı nen Aethers allezeit bedeutend geringer gefunden [1], als d reinen, und es ergiebt sich daraus, dafs man bei den U suchungen hierüber vorzüglich für die Anwendung reiner sigkeiten Sorge tragen mufs.

Dämpfe von zwei oder mehreren Flüssigkeiten in gemeinschaftlichen Raume bestehen in der Art neben ein dafs eine jede eine ihrer verhältnifsmäfsigen Quantität pr tionale Menge liefert. Auch hierüber hat GAY-LUSSAC V che angestellt [2]. Nach ihm liefert 1 Gram Wasser 1,696 l und 1 Gram Alkohol 0,659 Litres Dampf. Nach Rech mufste daher 1 Gr. einer Mischung von gleichen Theilen l

$$\frac{1,696 + 0,659}{2} = 1,178$$ liefern, statt dessen der Ve 1,1815 gab, also eine Differenz von 0,0035. Eine Misc von 1 Th. Wasser und 2 Th. Alkohol mufste nach Rech

$$\frac{1,696 + 1,318}{3} = 1,005$$ liefern, wofür der Versuch 1, gab. Auffallend ist hierbei, dafs die durch Versuche g denen Räume allezeit gröfser waren, als diejenigen, w durch die Rechnung gegeben wurden, welches eigentlich der starken Verwandtschaft beider Flüssigkeiten zu ein im Widerspruche steht.

DALTON [3] hat das nach ihm benannte Gesetz aufges dafs die Elasticität einer Mischung von Gasarten und Däm

---

1 Physical. Abh. p. 263.

2 Biot Traité. I. 298.

3 Manchester Mem. V. 543. Bibl. Brit. XX. 325. Nicho V. 241. G. XII. 385.

der Summe der Elasticitäten beider gleich ist, oder mit anderen Worten, dafs die Elasticität der Luft und Gasarten durch Zusatz von Dämpfen um so viel vermehrt wird, als die der Temperatur zukommende Elasticität des Dampfes beträgt. Die Richtigkeit dieses Gesetzes zeigt GAY-LUSSAC durch einen sinnreich construirten Apparat [1]. Eine Glasröhre MM, genau nach einem beliebigen Mafse getheilt, ist oben und unten mit den eisernen Fassungen A, B versehen. Unten befindet sich die 1,5 bis 2 Lin. weite gekrümmte Röhre TT′. Nachdem der Apparat vollkommen getrocknet ist, füllt man durch den oberen Hahn R′ trocknes Quecksilber hinein, schraubt den Ballon D auf, welcher mit der zu prüfenden, völlig trocknen Gasart angefüllt ist, öffnet die Hähne R′ und r, demnächst den Hahn R, worauf ein Theil des Quecksilbers ausläuft, und das Gas in die Röhre tritt. Ist die letztere mit einer hinlänglichen Quantität gefüllt, so wird das Quecksilber in h niedriger stehen, weil das aus D strömende Gas eine geringere Elasticität, als die der äufseren Luft besitzt, worauf das Gleichgewicht durch Zugiefsen von etwas Quecksilber in die engere Röhre hergestellt wird. Um dann die Feuchtigkeit in den Apparat zu bringen, schraubt man den Ballon ab, und statt dessen den Trichter V mit dem Hahn R″ auf, welcher letztere an der Seite bei o gefurcht ist. Durch Umdrehen desselben laufen einigen Tropfen Feuchtigkeit aus dem Trichter in die Röhre MM, welche nur allmälig verdampfen, und wobei man sich überzeugen mufs, dafs eine hinlängliche Menge der Flüssigkeit zur Erzeugung eines gesättigten Dampfes vorhanden ist, indem man durch Oeffnen und Verschliefsen der Hähne R′ und R″ stets mehr Feuchtigkeit in den Apparat lassen kann. So wie der Dampf entsteht, sinkt das Quecksilber bei H stets tiefer herab, bis der Punct der Sättigung eintritt, nach welchem weder eine Verdampfung noch eine Vermehrung der Elasticität weiter erfolgt. Indem dann aber das Quecksilber bei H niedriger steht als bei h, so läfst man abermals so viel Quecksilber auslaufen, bis es in beiden Schenkeln gleiches Niveau hat. War aber der Raum, welchen das Gas allein einnahm $= N$, der Druck der Atmosphäre $= p$, der nachher durch die Mischung eingenommene Raum $= N'$,

Fig. 119.

1 Biot Traité. I. 301.

so ist die Elasticität des Gases $= \frac{pN}{N'}$, und wenn f die

cität des Dampfes heifst, so ist die Elasticität der Mi

$= f + \frac{pN}{N'} = p$ woraus

$$f = p. \frac{N' - N}{N'}$$

gefunden wird. Die Erfahrung ergiebt, dafs hierbei f der Elasticität des Dampfes gleich ist, welche der jedesn Temperatur zugehört, weswegen man

$$N' = \frac{p}{p - f} N$$

in Voraus berechnen kann. Der Werth von N′ wird une wenn p = f ist, d. h. wenn der Dampf gleiche Elasticit der Gasart hat, so wird er den Raum ohne Ende erfüllen die Luft daraus vertreiben. Ist der Dampf nicht gesätti wird er dennoch eine, obgleich geringere Elasticität welche gleichfalls durch die Formel gefunden werden kan

Aendert sich die Temperatur und der Druck, wä man ein Gemisch von Luft und Dampf eingeschlossen hat, wenn man ein Gemisch von Luft und Dampf unter dem D einer Quecksilbersäule sperrt, so sey der gemeinschaf Druck der Luft und der Quecksilbersäule $= p + h$. Ist die Spannung des Dampfes, so lange er nebst der Gasar Raum N′ erfüllte $= f$, so ist die Elasticität der Luft $= p + h$ Wird dann die Temperatur erhöhet, so dafs die Elasticitä Dampfes $= f'$, der Raum aber, welchen die Mischung einni $= N''$ wird, so ist die Elasticität derselben $= (p + h -$

und es mufs

$$f' + (p + h - f) \frac{N'}{N''} = p + h \text{ seyn,}$$

woraus

$$f' = p + h - (p + h - f) \frac{N'}{N''}$$

gefunden wird, vorausgesetzt, dafs die Gasarten die Dä nicht in sich aufnehmen, sie nicht absorbiren. Hält man Gemisch von Gas und Dampf mehrere Tage gesperrt, ä

ie Temperatur und der Druck, und somit auch der Raum, en die Mischung einnahm, und will man wissen, ob die re Veränderung blofs eine Folge der Veränderung der eratur und des Luftdruckes ist, oder ob sich Gas erzeugt der absorbirt ist, so läfst sich dieses auf folgende Weise 1. War früher die Elasticität des Gases = p, des Dam- = f und die Temperatur = t, und sind diese nachher , f' und t' geworden, so ist

$$p' = f' + \frac{(p-f)(1+t'.0{,}00375)}{1+t.0{,}00375}$$

ıer Werth von p' mit dem beobachteten verglichen zeigt, ıe Endbindung oder Absorption einer elastischen Flüssig- tatt gefunden hat.

Ist umgekehrt eine Mischung von Gas und Dampf so ein- lossen, dafs sie eine geringere Dichtigkeit hat als die at- ärische Luft, und durch eine Quecksilbersäule ausge- wird, z. B. wenn sie sich über dem Quecksilber in einer eterröhre befindet, so sey im Anfange der Luftdruck die Temperatur = t, der erfüllte Raum = N, die Höhe ber das Niveau angehobenen Quecksilbersäule = h; nach- rden diese Gröfsen p', t', N' und h', so war die anfäng- Elasticität der Gasart = p — f — h; wenn f die Elasti- es Dampfes bezeichnet, und wenn diese nachher = f' so ist

$$f' + \frac{N(p-f-h)(1+t'.0{,}00375)}{N'(1+t.0{,}00375)} = p' - h'$$

$$f' = p' - h' - \frac{N(p-f-h)(1+t'.0{,}00375)}{N'(1+t.0{,}00375)}.$$

Unmittelbar mit dieser Untersuchung zusammenhängend n gewisser Rücksicht schon durch dieselbe beantwortet ist üher vielfach aufgeworfene Frage, ob im luftleeren und erfüllten Raume gleiche Mengen Dampf enthalten seyn n. Auf den ersten Blick sollte man vermuthen, es sey lich, dafs ein Raum, worin sich schon eine elastische keit befindet, eine andere auf gleiche Weise aufnehmen . als ein leerer, und wirklich erklärt auch Zylius [1], dafs

---

[1] G. VII. 348.

er diese Unmöglichkeit als nothwendig erkenne. Indefs diese Frage schon früher durch den älteren v. Saussüre zu widerholten Malen durch de Luc [1] bejahend beant Tralles [2] behauptet ganz allgemein, der Druck der L setze keinen Dampf, und eben so Volta [4], dafs die Dic der Dämpfe keineswegs vom Luftdrucke, sondern bl der Temperatur abhänge. Auch Clément und Désorme gerten dieses aus ihren Versuchen, und nachdem sich mäfsheit der Versuche von Saussüre, Watt, Gay-Lüs auch La Place dafür erklärt hatte, nahm Haüy [6] die als einen physikalischen Lehrsatz auf. Anfangs galt indefs blofs für Wasserdämpfe, aber der jüngere v. Sa zeigte das Nämliche auch für Aetherdampf. Insbe macht dieser Satz einen Haupttheil der sogenannte *ton'schen Theorie* [8] aus, und ist seit jener Zeit allgemei von Soldner [9], Biot [10] u. a. als unbestreitbares Gese nommen. Einige Versuche, welche ich selbst [11] mit Sorgfalt angestellt habe, konnten daher einen unlängs machten Satz nur bestätigen.

Durch die Erfahrung ist dieser Satz indefs nur einfachen, und allenfalls bis zum dreifachen, oder auc stens vierfachen Luftdrucke erwiesen, wenn man nicht weis dafür anführen will, dafs sich bei der Compres gemeinen, also auch Wasserdampfhaltigen Luft, wie s dieselbe auch treiben mochte, noch nie ein tropfbar Niederschlag gezeigt hat. Dafs derselbe aber nicht bis i endliche gültig seyn könne, eben wie das Mariottesche

1 Hygrom. p. 128.

2 Phil. Tr. 1792. 403. J. d. Ph. XXXVI. 204. Idées su téorol. I. 1. §. 14. G. XLI. 168.

3 G. XXVIII. 481.

4 Gren N. J. III. 479.

5 G. XIII. 144.

6 Traité élém. de Phys. 1re éd. I. 182.

7 Gehlen N. J. IV. 94.

8 Vergl. Th. I. p. 488.

9 G. XXXII. 205.

10 G. XXXV. 425.

11 Physical. Abh. p. 559.

lgt aus der Natur der Sache, und der Analogie nach noch ehr aus den oben erwähnten Versuchen, wonach die Gasarten lbst vermuthlich alle durch sehr starke Compression tropfbar üssig werden. Merkwürdig ist in dieser Beziehung die Beobhtung, welche J. Roebuck [1] im Windkasten des Hohofens Devonshire machte, nämlich dafs beim Anlassen des Gebses und entstehender Compression der Luft, eben wie beim ufhören derselben ein bedeutender Niederschlag von Wasserumpf in Gestalt eines ziemlich dichten Nebels entstand.

Die Frage endlich, ob gesättigte Dämpfe, oder Dämpfe Maximo ihrer Dichtigkeit, von zwei oder mehreren tropfban Flüssigkeiten in dem nämlichen Raume zugleich mit Luft reinigt neben einander bestehen können, ist bis jetzt, so el ich weifs, noch nicht beantwortet. Ein einziger Versuch, elchen ich gelegentlich angestellt habe, indem ich Aetherpf und mit Feuchtigkeit gesättigte Luft in dem zu meinen suchen gebrauchten Ballon vereinigte, fiel verneinend aus; lches ich auch nach theoretischen Gründen für wahrscheinch halte [2].

6. Anwendung der Dämpfe.

. Die Dämpfe der verschiedenen Flüssigkeiten, hauptsächlich Wassers, werden so vielfach und zu so verschiedenen Zwektheils durch die Natur selbst in Anwendung gebracht, künstlich von den Menschen benutzt, dafs es kaum mögist, alles hierhergehörige vollständig zusammenzustellen. benutzt man sie unter andern zur Vertreibung der Luft aus efäfsen, wenn man diese nachher durch den Luftdruck mit er Flüssigkeit anfüllen will, im Grofsen zur Hervorbringung es luftleeren Raumes, ferner zur Abkühlung, z. B. der Weinschen auf Schiffen, indem man sie mit einem nassen Tuche ngiebt und dem Luftzuge aussetzt, oder selbst einzelner Theile les menschlichen Körpers, indem man Weingeist, kölnisches Wasser oder Schwefeläther auftröpfelt und einen darüber hinreichenden Luftzug erzeugt; zuweilen verwandelt man die

---

1 G. IX. 45.

2 Physical. Abh. p. 363.

Flüssigkeiten in Dämpfe, um sie auf diese Weise zu zerlegen oder ihre Verbindung mit andern Substanzen zu erleichtern, u. dgl. Hauptsächlich aber werden die Dämpfe zu folgenden drei Zwecken benutzt:

1. Als bewegendes Mittel.

Als solches zeigt sich der Dampf durch sein Blasen in Art der ausströmenden Luft bei der Dampfkugel [1], als mechanisch drückendes und durch Reaction wirkendes Mittel bei einigen Arten Dampfmaschinen, in gewisser Hinsicht beim rückweichen des Geschützes, hauptsächlich aber durch Elasticität wirkend bei den Dampfmaschinen [2] überhaupt, den neuerdings erfundenen Dampfkanonen [3].

2. Als Mittel der Erwärmung und Heizung.

Wegen der großen latenten Wärme der Dämpfe, welche durch das Niederschlagen derselben wieder frei wird, [illegible] sie alle diejenigen Räume, in denen sie aufsteigen, auch [illegible] dem sie niedergeschlagen sind, durch ihre Abkühlung, bedeutend erwärmen. Dieses zeigt sich insbesondere in den Zimmern heifser Bäder, Brauereien, Brennereien u. dgl. Man wendet sie indefs auch künstlich zur Heizung von Zimmern an, entweder in solchen Fabrikanstalten, in denen die Maschinen durch Dampf bewegt wird, dieser dann von noch bedeutender Hitze unbenutzt verloren würde, und daher zur Erwärmung der Zimmer vortheilhaft verwandt werden kann; oder mit absichtlicher Bereitung für solche Zimmer, worin sich Substanzen befinden, welche durch höhere Hitzegrade leicht verdorben werden oder explodiren könnten, als Malz, Kräuter, Schiefspulver u. dgl. Den ersten Vorschlag hierzu scheint W. C[illegible] gethan zu haben, indefs wurde vor dem Ende des vorigen Jahrhunderts wenig Gebrauch von diesem Mittel gemacht [4].

---

1 S. *Dampfkugel.*

2 S. *Dampfmaschinen.*

3 S. *Dampfkanonen.*

4 Phil. Tr. 1745. Vergl. Buchanan in Bibl. Brit. XLIII. 281.

Der Dampf, dessen man sich hierzu bedient, mufs schon ur Sicherheit wegen nur von einfacher Pressung seyn, das Sicherheitsventil aber unzugänglich für den Heizer. Der Dampfkessel hat die Einrichtung eines gewöhnlichen bei den Dampfmaschinen. Aus diesem gehen die Röhren, und hieraus erforderlichen Falls wieder kleinere, die man meistens abhängig macht, damit das condensirte Wasser wieder in den Kessel zurückläuft, wo dieses aber nicht angeht, läuft das Wasser durch inen umgekehrten Heber ab, wobei man eine Wassersäule von twa 9 F. dem Drucke des Dampfes entgegensetzt. Auf allen all mufs ein Mechanismus angebracht seyn, um die Luft aus en Röhren zu entfernen, wenn sie sich mit Dampf zu füllen nfangen, welcher meistens aus einem Ventile besteht, das sich urch die Zusammenziehung der Röhre beim Erkalten öffnet, nd beim Erwärmen derselben durch den Dampf wieder schliefst. eil die Luft schwerer ist als der Dampf, so mufs ihr Ausgang einer niedrigen Stelle seyn. Für den gewöhnlichen Gebrauch chen gut gegossene eiserne Röhren von 3 bis 5 Z. innerem rchmesser und, der Strahlung wegen, nicht blanker Oberäche hin; indefs bedient man sich auch der Doppelcylinder, elche gleich einem Ofen im Zimmer stehen, in deren inneren Fig. 120. ...m man die Luft durch die Röhre A steigen, und erwärmt rch eine obere Oeffnung E entweichen läfst, welche Strömung rch das Ventil D regulirt werden kann. Im Zwischenraume verbreitet sich der durch das Rohr B zugeführte Dampf, und condensirte Wasser läuft durch das Rohr C wieder ab. Die ...ohe eines solchen Ofens ist ohngefähr 3 F., und eine etwas ...he, bronzirte Oberfläche leistet gute Dienste. Um die erforderliche Röhrenoberfläche = S zu bestimmen, wodurch eine ewisse Menge von Kubikfufsen Luft = C in einer Minute von er Temperatur = t zur Temperatur = T erwärmt werden llen, giebt Tredgold[1] die auf Centesimalgrade reducirte Formel

$$S = \frac{0,48\ C\ (T - t)}{93,3334 - T}.$$

1 Edinburg Phil. Journal N. XXIV. p. 269. Die Gründe dieser Formel finden sich in desselben: Principles of Warming and Ventilating ublic Buildings. cet. Lond. 1824. 8. p. 161. im Auszuge in Bibl. univ. XXVI. 291. XXVII. 61.

Bringt man in den zu erheizenden Zimmern zugleich ei Ventilator an, so kann vermittelst des eben beschriebenen O die von Aufsen zugelassene, durch das Ventil D regulirte L menge sogleich bei ihrem Eintritte in die Zimmer erwärmt w den. Das warme Wasser fliefst in der Regel wieder in den K sel zurück, und man verliert auf diese Weise nicht viel Wä durch Zuführung des kalten Wassers in denselben zur fortw renden Heizung, kann übrigens das erwärmte auch zu alle häuslichen Bedürfnissen verwenden [1]. Dafs man übrigens Kesseln eine solche Einrichtung geben müsse, wie sie mit geringsten Aufwande von Brennmaterial am vortheilhafte geheizt werden können, versteht sich von selbst [2].

Auch Flüssigkeiten vermittelst hineingeleiteter Dämpfe erwärmen oder auch zum Sieden zu bringen, kannte man sc lange; in den neueren Zeiten ist diese Methode aber vorzüg empfohlen durch Rumford [3], und auch an mehreren Ort namentlich zur Heizung der Bäder in Anwendung gebra Die Apparate hierzu bestehen im Allgemeinen aus einem Dam kessel mit einem festschliefsenden Deckel, in welchem sich heberförmig gebogenes Rohr befindet, um die Dämpfe in die erheizenden Flüssigkeiten hinüberzuführen, in denen es a bis auf den Boden herabgehen mufs, damit nicht die heifse Theile oben statisch schwimmen, und die unteren kalt blei Hierbei zeigt sich das von mehreren beobachtete Phänomen, die Dämpfe am Boden mit einem bedeutenden Getöse und ger Erschütterung der Gefäfse niedergeschlagen werden.

Manche hegen die Meinung, als ob hierdurch eine gr Ersparung des Brennmaterials erreicht werden könne.

---

1 Tredgold a. a. O. Sonst findet man Vorschriften zur Anl solcher Apparate von Snodgrass in Nicholsons Journal 1807. Mai. aus bei G. XXXIII. 395., ausführlich von Buchanan in Practical descriptive Essay's on the economy of Combustibles and the employ of heat cet. Glasgow 1810. 8. Vergl. G. XLVII. 348. Bibl. Brit. XI 315., von Prechtl in: Anleitung zur Beleuchtung mit Steinkohle Wien. 1817. 8. p. 106. ff.

2 Vergl. *Dampfmaschinen*.

3 Journ. of the Royal Inst. I. 34. J. d. P. LXVI. 121. Bibl. XLIII. 281. G. XIII. 385.

ffentlichen Blättern sollen diese den Beifall der Kenner er-
en haben [1]. Nicht blofs sollen die Dämpfe die Kugeln auf
he Entfernungen schleudern, als man bisher vermittelst
Schiefspulvers dieselben zu werfen vermochte, sondern noch
er. Sollte sich dieses wirklich bestätigen, so könnte viel-
t der Grund darin liegen, dafs nach Rumfords Versuchen
aus dem Pulver entwickelten Gasarten durch sehr starken
ck zum Theil in feste Substanzen verwandelt werden, wel-
s dann bei den Wasserdämpfen nicht der Fall seyn müfste.
m man ferner annimmt, dafs die Gewalt, womit das ex-
lirende Schiefspulver die Kugeln fortschleudert, 2200 At-
phären beträgt [2], so würden nach der Mayerschen Formel
gefähr 705° R. oder nahe 881° C. erfordert werden, um
Wasserdämpfen diese Elasticität zu geben. Man setzt aber
Schmelzpunct des Eisens auf 7577° und des Kupfers auf
° C., also könnte in beiden Metallen den Dämpfen diese
geben werden, wobei es aber fraglich ist, ob sie dann
sion genug behalten, um der erforderlichen Spannung der
npfe hinlänglichen Widerstand zu leisten [3]. Die Dichtigkeit
Dämpfe aber würde bei dieser Temperatur = 0,43236 seyn,
des Wassers im Maximo = 1 gesetzt, also etwas weniger
die Hälfte, welche Gröfse gleichfalls keineswegs etwas Un-
liches fordert. Es ist indefs bei den Untersuchungen über
Verhalten des Wasserdampfes [4] gezeigt, dafs aus entschei-
den Gründen über 640° oder 650° C. kein Wasserdampf als
her existiren könne. Indefs entscheidet dieses Argument
unbedingt gegen die angegebene Anwendung des Dampfes.
theils nämlich gehört zu dieser Temperatur von 650° C.

1 Vergl. Fresnel's Urtheil im Bulletin général des Sc. Math. Phys. Chim. 1825. Jan. p. 59. Dupin Voyages dans la Grande Bretagne. Part. Lib. III. Ch. 6. p. 148.

2 Vergl. *Ballistik.* Th. I. 712.

3 Diese älteren, mit Wedgwood's Pyrometer erhaltenen Bestim-ngen sind wahrscheinlich viel zu hoch. Richtiger scheinen die mit iell's Pyrometer gefundenen Schmelzpuncte zu seyn, nämlich für pfer 1118° R. und für Eisen 1532° R. Beide gehen indefs über die r die Wasserdämpfe erforderlichen Temperaturen noch weit hinaus. rgl. *Schmelzen.*

4 S. *Dampf; latente Wärme desselben.*

: Dampfkugeln den Ursprung der Winde erklären, indem denselben ganz ernstlich für ein fliefsendes Wasser der Luft lten [1], und zu dem nämlichen Zwecke benutzt sie auch ch Cartesius [2]. Diese Ansicht widerlegt Wolf [3], und beireibt zugleich die Construction der Dampfkugel und die mit rselben anzustellenden Versuche.

Soll eine Dampfkugel für die damit anzustellenden Verche zweckmäfsiger als die einfache, durch Wolf angegebe-, eingerichtet, und zugleich gegen die Gefahr des Zersprinns gesichert seyn, welche nur zu leicht daraus entstehen nn, wenn durch etwas Schmutz in dem gebrauchten Wasser s feine Dampfrohr verstopft wird, so mufs sie folgende Beschaffenheit haben. Die Kugel A, 2 bis 3 Z. im Durchmesser ltend, besteht aus geschlagenem, schlaghart gelöthetem upfer. Oben auf derselben ist ein mit dem Hahne a versehe- Verbindungsstück aufgelöthet, auf welches das krumme hrchen g, oder auch ein gerades aufgeschroben werden kann. r Sicherheit wegen ist dieselbe mit dem Ventile α versehen, elches am besten aus einer flachen, vermittelst der in eine pitze auslaufenden, und in eine Vertiefung herabgehenden, urch die Feder f niedergehaltenen Schraube k angedrückten cheibe besteht. Zur bequemeren Manipulirung endlich erhält ieselbe den metallenen Stiel d und die hölzerne Handhabe e. Fig. 121.

Mit diesem Apparate lassen sich unter andern folgende, m Theil schon durch Wolf angegebene Versuche anstellen.

1. Man füllt die Kugel mit Wasser, Weingeist, oder ein sonstigen leicht verdampfbaren Flüssigkeit, indem man den ahn öffnet, sie etwas über Kohlen hält, so dafs die in derselben befindliche Luft ausgedehnt wird, taucht dann die Spitze in die Flüssigkeit, bis nach Abkühlung der Luft im Innern der Kugel einige Tropfen in dieselbe eingedrungen sind, verwandelt diese durch abermaliges Erhitzen in Dampf, taucht die Spitze wiederum in die Flüssigkeit, und läfst von der alsdann mit Heftigkeit einströmenden so viel eindringen, als man ver-

---

1 Ventus est aëris fluens unda ..... ex aeolipilis licet aspicere. itruvii de Archit. Lib. I. cap. VI. p. 21. ed. Rode. Berol. 1800. 4.

2 Meteor. Cap. IV. §. 3.

3 a. a. O.

langt. Soll hierbei gezeigt werden, dafs die siedend heifsen Dämpfe alle Luft austreiben, so darf man nur zuerst einige Tropfen mehr eindringen lassen, diese so stark erhitzen, dafs der Dampf mit Geräusche einige Secunden aus der Oeffnung dringt, letztere dann schnell in die Flüssigkeit tauchen, und es wird sich zeigen, dafs die Kugel ganz damit angefüllt ist.

2. Legt man die mit Wasser oder einer andern leicht verdampfbaren Flüssigkeit etwa bis zur Hälfte angefüllte Aeolipile mit geöffnetem Hahne auf Kohlen, so läfst sich die wesentliche Beschaffenheit des alsdann gebildeten Dampfes leicht nachweisen. Zuerst zeigt nämlich das Ausströmen desselben mit lebhaftem Geräusche aus der Spitze seine grofse Elasticität, wobei man zugleich wahrnimmt, dafs dicht vor der Spitze durch Berührung mit der äufseren kälteren Luft ein Theil des Dampfes als minder durchsichtiger Dunst niedergeschlagen, aber durch Aufnahme von Wärme sogleich wieder expandirt wird. In diesen Strom des Dampfes kann man zugleich ein mit geringer Reibung umlaufendes Rad bringen, damit dasselbe nach Art der durch Branca angegebenen Dampfmaschine umgetrieben werde. Hält man einen Körper, z. B. eine Thermometerkugel, einen Glasstab, eine metallene Stange u. dgl. in diesen Strom, so zeigt sich sogleich der Uebergang des Dampfes in seinen ursprünglichen, tropfbar flüssigen, Zustand, indem die wiederhergestellte Flüssigkeit von dem Körper in so viel gröfserer Menge herabtropft, je leichter derselbe die ihm mitgetheilte latente Wärme des Dampfes ableitet. Bringt man die Flamme einer Kerze oder eine glühende Kohle in diesen Strom, so wird der Dampf die erstere nur dann auslöschen, wenn er den Docht selbst trifft, sonst aber werden beide nicht ausgelöscht werden, indem der Dampf hier als expansibele Flüssigkeit wirkt, wobei jedoch das Nichtverlöschen als eine Folge des zugleich mechanisch mit fortgerissenen Luftstromes anzusehen ist, indem der Wasserdampf selbst das Brennen nur dann zu erhalten die Fähigkeit besitzt, wenn die Hitze des Körpers, auf welchen er strömt, stark genug ist, um ihn zu zersetzen und den Sauerstoff mit sich zu verbinden, worauf dann das entwickelte Wasserstoffgas vermittelst des Sauerstoffgases der atmosphärischen Luft mit Flamme verbrennen könnte. Ein diesem ähnlicher Procefs zeigt sich, wenn fein vertheiltes

ser in ein heftig brennendes Feuer gespritzt wird. Dafs nach eine Aeolipile auch als blasende Vorrichtung zur Unltung des Feuers bei Schmelzöfen angewandt werden könbestreitet HUTTON zwar [1], allein es ist dessen ungeachtet tig, und auch in der Wirklichkeit ausgeführt, obgleich solche Vorrichtung aus anderweitigen Gründen im Grofsen t wohl mit Vortheil benutzt werden kann.

3. Wird die Spitze der Aeolipile während des Ausströs von siedendheifsem Dampfe in ein Gefäfs mit Wasser geen, so giebt der Dampf seinen latenten Wärmestoff an dieb, erhitzt dasselbe, und bringt es zum Sieden. Setzt man es einige Zeit fort, so läfst sich durch diesen einfachen uch anschaulich machen, auf welche Weise man den Dampf Heizmittel zum Sieden benutzen könne [2].

4. Dieses Verfahren führt unmittelbar zu einer Reihe t wichtiger physikalischer Versuche, nämlich zur Bestimg der latenten Wärme der Dämpfe von verschiedenen Flüsiten. Die Methoden, wonach dieses geschehen könne, sind f ausführlich beschrieben [3], und es genügt daher hier die rkung, dafs es für diesen Zweck vortheilhaft ist, die hlhabe so einzurichten, dafs sie von der Aeolipile abgeoben werden kann, damit das Gewicht der letzteren nicht grofs sey.

5. Minder unmittelbar ist die Aeolipile geeignet, die ntität des Dampfes zu bestimmen, welche eine dem Feuer setzte Fläche von gegebener Gröfse in einer gewissen Zeit ugen vermag. In diesem Falle aber wird die mit Wasser Theil gefüllte Aeolipile zuerst gewogen, dann mit offenem e so lange auf das Feuer gelegt, bis das Wasser die Siee erreicht hat, und der Dampf ausströmt, dann der Hahn chlossen, die Aeolipile abermals gewogen, wieder auf das r bis zur Siedehitze des Wassers gebracht, der Hahn get, und nachdem der Dampf die gemessene Zeit frei ausrömt und der Hahn wieder verschlossen ist, die Aeolipile mals gewogen, worauf der Unterschied beider Gewichte die

---

1 Dictionary. Art. Aeolipile.

2 Vergl. *Dampf. Anwendung desselben.*

3 S. *Dampf; latente Wärme desselben.*

Menge des verdampften Wassers giebt. Auch zum Messen Quantität des Dampfes von gegebener Dichtigkeit, we aus einer Oeffnung von bestimmter Gröfse in einer gegeb Zeit ausströmt, kann die Aeolipile angewandt werden, zu chem Ende aber in derselben ein Thermometer befindlich mufs, um die jedesmalige Temperatur, und die dieser zug rige Dichtigkeit und Elasticität des Dampfes zu kennen.

6. Wolf [1] schlägt ganz sinnreich vor, man soll Aeolipile mit wohlrichendem Wasser füllen, und auf Ko legen, so würden die Zimmer, worin dieses geschieht, Wohlgerüchen erfüllt werden. Es läfst sich nicht verken dafs dieses ein sehr brauchbares Mittel ist, den Geruch w riechender tropfbarer Flüssigkeiten schnell zu verbreiten, i dürfte es doch zu weitläuftig seyn, die Aeolipile hierzu zu brauchen.

7. Eben derselbe giebt an, man könne vermittelst Aeolipile einen Springbrunnen erhalten, wenn man dieselb liegend erhitze, dafs die Flüssigkeit die Mündung des R Rohres bedecke, und auf diese Weise durch den Druck Dampfes aus demselben in die Höhe getrieben würde. S dürfte es der Fall seyn, dafs man auf diese Weise eine Font zu bilden beabsichtigen könnte. Indefs kann man leicht Flüssigkeiten aus einer Aeolipile bringen, welche sonst d den Gegendruck der Luft darin zurückgehalten wird, w man dieselbe über Kohlen in eine solche Lage bringt, dafs gebildeten Dämpfe die Flüssigkeit aus der engen Röhre pres wodurch leicht ein fontainenartiger Strahl gebildet wird. W te man sonst ernstlich die Aeolipile als Springbrunnen g chen, so würde es viel besser seyn, derselben die Gest Einrichtung zu geben, wie de Caus seiner sogenannten maschine [2]. Wolf erwähnt zugleich, dafs er den aus der lipile strömenden Dampf von Weingeist entzündet habe, er ihn durch eine Lichtflamme trieb, wobei derselbe j blofs so lange brennt, als er die Lichtflamme durchströmt, der Entfernung derselben aber verlöscht. Dieses allerding

---

1 a. a. O.

2 S. *Dampfmaschine, Savery's.*

essante Schauspiel hat einige Aehnlichkeit mit der sogenann- 1 Feuerfontaine [1].

8. Endlich benutzt man den Dampfstrom aus einer Aeo- ile statt eines Luftstromes zur Erhaltung eines Lampengeblä-, wobei man sich indeſs wohl ausschlieſslich bloſs der Wein- istdämpfe bedient [2]. *M.*

Dampfmaschine.

euermaschine; *Machina ope vaporum mota;* achine à feu, machine à vapeur; *Steam engine;* nnt man diejenigen Maschinen, welche durch Dampf in Be- gung gesetzt werden. Bei der auſserordentlichen Menge und rschiedenheit derselben [3] den verschiedenen Principen, wor- f sie beruhen und dem oft sehr künstlichen Baue des Ganzen d der zahlreichen einzelnen Theile ist est nicht füglich er- chbar, diesen Gegenstand hier vollständig abzuhandeln; lein wegen der Wichtigkeit derselben für Physik, Technolo- e und Fabrikenwesen und bei dem allgemeinen Interesse, wel- es sie wegen ihrer vielfachen Anwendung, insbesondere in den uesten Zeiten, erregt haben, werde ich suchen die vorzüg- chsten Erfindungen nebst späteren Verbesserungen namhaft zu achen, zugleich aber nur diejenigen näher zu erläutern, wel- e wegen ihrer praktischen Anwendbarkeit eine genauere Be- hreibung verdienen [4]. In sofern aber auch das Geschichtli-

1 S. *Springbrunnen.*

2 Vergl. *Lampengebläse.*

3 Nach C. F. Partington Historical and descriptive Account of e Steam Engine cet. Lond. 1822. 8. p. XIV. befanden sich damals we- gstens 10000 Dampfmaschinen in Groſsbrittannien, welche die Arbeit n mehr als 200000 Pferden verrichten, zu deren Unterhalt über eine llion Acker Land, also so viel erforderlich seyn würde, als wovon 00000 Menschen leben können.

4 Robert Stuart in A descriptive History of the Steam Engine. nd. 1824. 8. p. 192. sagt über den Nutzen derselben für England: t would be difficult to estimate the value of the benefits which these ventions have conferred upon the country. There is no branch of dustry that has not been indebted to them, and in all the most ma- rial, they have not only widened most magnificently the field of its ertions; but multiplied a thousond fold the amount of its produc-

che der Erfindung und allmäligen Verbesserungen dieser merkwürdigen Maschinen an sich interessant ist und der Zukunft aufbewahrt zu werden verdient, scheint es mir am zweckmäsigsten, die verschiedenen Arten derselben, wie sie ursprünglich angegeben und allmälig vervollkommt sind, bis auf die jetzigen Zeiten herab zusammenzustellen [1].

1. Maschinen, bei denen der Dampf durch Blasen und Reaction wirkt.

Diese Art, die Kraft der Dämpfe zu benutzen, die älteste, und schon durch Heron von Alexandrien in Vorschlag gebracht, hat ohne Zweifel die Erfindung der Dampfmaschinen veranlaſst. Heron [2] schlägt nämlich vor, auf dem Altare der (Fig. 122.) blechenen Kapsel a b Feuer anzuzünden, damit die aus derselben durch die lothrechte Röhre c d und die hiermit verbundenen horizontalen Röhren α, α, α, α ausströmende Luft (oder Dampf) die auf der Spitze β bewegliche Scheibe umtreiben möge, so daſs die auf derselben befindlichen Thiere im Chore zu tanzen

---

tions. It is our improved Steam Engine that has fought the battles of Europe, and exalted and sustained through the late tremendous contest, the political greatness of our land. It is the same great power which now enables us to pay the interest of our debt, and to maintain the arduous struggle in which we are still engaged, against the skill and capital of all other countries. But these are poor and narrow views of its importance. It has increased indefinitely the mass of human comforts and enjoyments, and rendered cheap and accessible, all over the world, the materials of wealth and prosperty.

1 Es giebt eine groſse Menge einzelne Aufsätze, die Geschichte der Dampfmaschinen betreffend. Fast alle beschreibende Werke derselben enthalten als Einleitung auch das Geschichtliche, auſserdem aber findet man dasselbe unter andern in Gren N. J. I. 62 u. 114. Nicholson J. I. 419. daraus bei G. XVI. 129. u. a. a. O. Eine sehr vollständige Beschreibung der verschiedenen Maschinen aber und ihrer einzelnen Theile, durch vortreffliche Zeichnungen erläutert, giebt Borgnis Traité de Mécanique appliquée aux Arts. Par. 1818. Composit. des Machines, p. 88. Minder vollständig, aber dennoch sehr umfassend ist Christian Mécanique industrielle. III vol. 4. Par. 1822. bis 1825. vol. II. Praktisch sehr brauchbar ist C. Bernoulli Anfangsgründe der Dampfmaschinenlehre. Basel 1824. I vol. 8. mit 9 Tafeln in Steindruck.

2 Heronis Alex. Spiritualium liber. Amst. 1680. 4. p. 88.

enen. Noch eigentlicher gehört hierher ein anderer Vor-
ag von eben demselben [1]. In dem Gefäſse A befindet sich Fig. 123.
ser, welches durch untergelegtes Feuer in Dampf verwan-
wird, in dieser Gestalt dann durch die Röhre a b in die
el C gelangt, und aus den Spitzen α, α ausströmend diese
ne rotirende Bewegung versetzt.

Obgleich der ausströmende Wasserdampf eine nur unbe-
ende Gewalt hat, und daher ohne unverhältniſsmäſsigen
rand von Brennmaterial keine Maschine in Bewegung
n, mithin auch auf die angegebene Weise durchaus nicht
Vortheil benutzt werden kann, so ist dennoch dieser Me-
ismus sehr häufig wieder aufs Neue in Vorschlag gebracht.
wird indeſs aus diesem Grunde genügen, alle diese Vor-
ge nur mit wenigen Worten anzuzeigen. Von ähnlicher
war ohne Zweifel die Maschine, welche Matthesius in sei-
bekannten dunkeln Stelle über eine Feuermaschine andeu-
[2], denn um die nämliche Zeit wird von dem Italiäner
i in einem seltenen Buche [3] eben diese Vorrichtung zum
en der Bratspieſse mit dem Zusatze empfohlen, daſs dann
Küchenjungen nicht mit ihren unreinen Fingern die Brühe
en könnten. Watt versuchte diese Art von Dampfmaschi-
gleichfalls zu benutzen, allein die Wirkung war bei der
en Menge des erforderlichen Brennmaterials so geringe,
er die Idee bald wieder ganz aufgab [4]. Ganz dem Segner-
Wasserrade oder der Barkerschen Mühle ähnlich ist der
r mit zwei auf demselben normalen Armen, aus deren
ungen der Dampf ausströmen soll, während das Wasser im
er siedet, nach Musschenbroek's Vorschlage [5]. Etwas
mengesetzter, im Ganzen aber auf den nämlichen Grund-
n beruhend ist die Maschine, worauf Sadler 1791 sich

1 Heronis Alex. Spiritualium liber. p. 66.
2 Bergpostille oder Sarepta. Nürnb. 1562.
3 Opera di Bartolomeo Scappi cet. In Venetia 1570. Dieselbe
ine ist beschrieben in einem 1597 zu Leipzig gedruckten Buche
Stuart a. a. O. p. 4.
4 Rees Cyclop. Art. Steam Engine.
5 Introd. §. 1469.

ein Patent geben liefs [1]. Am bekanntesten, vielleicht w
der Celebrität ihres Erfinders, ist die von v. Kempelen a
gebene Maschine geworden. Sie besteht blofs aus einem Da
kessel mit einem, durch einen Hahn verschliefsbaren H
auf dessen Mündung ein Rohr mit zwei nach entgegengesetzt
Seiten ausgehenden Spitzen horizontal aufliegt, und durch
Reaction des aus den Spitzen strömenden Dampfes umgedr
wird [2]. Von allen auf diese Weise construirten Maschinen
sich indefs kein praktischer Nutzen erwarten, und sie kö
daher nur ein geringes geschichtliches Interesse haben.

Der zweckmäfsigste Apparat, vermittelst dessen man
Art der Dampfmaschinen und die Wirksamkeit des Dampfe
denselben auf eine leichte und interessante Weise anscha
machen kann, ist eine Art *Dampfkugel*, welche Priest
zur Erklärung der elektrischen Spindel beschrieben hat.
Vorschrift nach bedient man sich hierzu einer kupfernen
gel mit zwei kleinen, im Aequator derselben diametral ei
gegenüber angebrachten, nach einer Seite umgebogenen
Röhrchen. Wird diese Kugel zur Hälfte mit Wasser g
in einem ihrer Pole an einem nicht gezwirnten Seidenfad
einigen Fufsen Länge aufgehangen und über Kohlen erhitz
geräth sie nach der Theorie des Segnerschen Wasserrad
stark rotirende Bewegung. Priestley behauptet, sie
sich hierbei stets nach der nämlichen Richtung herum, so
während das eingeschlossene Wasser siedet und der Damp
den Spitzen bläst, als auch wenn nachher die Luft wi
den leeren Raum dringt. Allein diese Behauptung ist
Theorie und der Erfahrung zuwider, und wo es der F
seyn scheint, eine Folge des Beharrens der Kugel bei de
mal erhaltenen Rotation. Hiervon kann man sich überz
wenn man eine kleine, höchstens 1,5 Z. im Durchmesser
tende Kugel wählt, etwas Alkohol hineinbringt, die Kug
dem genannten Seidenfaden über eine Weingeistlampe
und nachdem der Alkohol fast vollständig verdampft,

1 Repertory of Arts. III. Stuart 152.

2 Mém. de l'Ac. de Prusse. 1750 u. 51. Vergl. Langsdorf
buch d. Maschinenlehre. I. 174.

3 Geschichte d. Elektr. übers. durch Krünitz. p. 279.

rdurch die Kugel in eine sehr starke Rotation anhaltend ver-
zt ist, sie schnell in ein Glas mit kaltem Wasser taucht, je-
ch so, dafs sie auch hierin am Faden schwebend getragen
rd, worauf sie dann bald stillstehen, und noch im Wasser
er auch, wenn man sie schnell wieder herauszieht, in der
ft eine Drehung nach entgegengesetzter Richtung erhalten
rd.

Weil es etwas unbequem ist, die Kugel eine längere Zeit
er einer Weingeistlampe schwebend zu erhalten, so habe ich
sen Apparat auf eine Weise eingerichtet, dafs dieses letztere
mieden wird, der zuletzt beschriebene Versuch aber den-
ch angestellt werden kann. Eine Kugel Q von dünnem Mes- Fig. 124.
g hart gelöthet, trägt oben das flache, an den Enden in
ne, rechtwinklich nach entgegengesetzten Seiten umgebogene
itzen α, β auslaufende Rohr b b, welches deswegen statt der
Aequator der Kugel befindlichen Röhrchen vielmehr in ih-
oberen Pole angebracht ist, weil sonst der durch die Ro-
ionsbewegung seitwärts getriebene Weingeist aus denselben
schleudert wird. In der Mitte ist dieses flache Rohr durch-
hrt, mit einem etwas dickeren Stückchen Messing versehen,
welches, nach der Einfüllung von etwas Weingeist in die
gel, das Stück d d vermittelst eines umgewundenen Hanf-
chens geschroben, und somit die Kugel dampfdicht ver-
hlossen wird. Dann wird die Kugel auf der Spitze e über
r Weingeistlampe c c balancirt, oben vermittelst der herab-
enden, am horizontalen Drahte g g befindlichen Spitze k
gehalten, der Draht selbst aber mit seinen Röhrchen h h
den an die cylinderische Weingeistlampe gelötheten Stangen
f herabgeschoben. Zündet man demnächst die beiden kleinen
chte der Weingeistlampe an, so wird die Kugel in eine
nelle drehende Bewegung versetzt werden; will man aber
nachher erfolgende, rückwärts gehende, Drehung gleich-
ls zeigen, so darf man die Kugel nur durch Festhalten zum
illstehen bringen, die Lämpchen ausblasen, und es wird die
tgegengesetzte Drehung sogleich erfolgen, wenn die Kugel,
statt Dampf auszustofsen, die Luft einzieht. Sonst kann man
ch die Kugel an einem Faden aufhängen, welcher durch das
chelchen im Stücke d d gebunden wird, und den Versuch
f die oben beschriebene Weise anstellen.

Unter diese Classe von Maschinen kann man übrige diejenige rechnen, welche G. BRANCA in Vorschlag brii gleich bei derselben der blasende elastische Dampf di Umlaufen eines Rades bewirken soll [1]. Sie besteht in Fig. 125. ster Gestalt aus einer Aeolipile A, welche auf Kohler den Wasserdampf gegen das Rad B bläst, und dieses h umtreibt. Auch hierbei ist der Nutzeffect für die p Anwendung viel zu geringe.

2. Savery's Dampfmaschinen.

Man hat diesen Namen denjenigen Maschinen geg welchen vermittelst des niedergeschlagenen Wasserdai leerer Raum entsteht, in welchem die atmosphärische Li ihren Druck das Wasser emporhebt. Insofern indeſs l Maschinen das Wasser nach dem Anheben durch den a rischen Luftdruck auch durch den wieder hinzutretend in die Höhe gedrückt wird, so verdient die von DE CA gegebene um so mehr hierzu gezählt zu werden, als s scheinlich die nächste Veranlassung zu den späteren l gen gab. Sie besteht aus der metallenen Kugel C, welc Fig. 126. den Trichter a mit Wasser gefüllt, dann erhitzt wird der entstehende Dampf das Wasser aus der Röhre c Höhe treibt. Hierher gehören gleichfalls die etwas s pfohlenen Maschinen, aus metallenen Kasten bestehen durch die Sonnenwärme die Luft ausgedehnt, hierd Wasser angehoben, nach dem Erkalten aber vermittel selnd schlieſsender und sich öffnender Ventile wiede gen werden soll [3]. Von dem gröſsten Theile, oder m einigen dieser Erfindungen muſste der MARQUIS VON STER Kenntniſs haben, als er in seiner *Century of I* viel über die wunderbaren Wirkungen der von ihm er

---

1 Le Machine diverse del Signor Giovanni Branca. R fol. pl. XXV.

2 Les Raisons des Forces mouvantes avec divers dessein taines. Par. 1624. fol. Isaac de Caus New Invention of Wat Lond. 1704.

3 Stuart a. a. O. p. 6.

ampfmaschinen redete [1]. Dieser Marquis, welcher fast allge-
ein für den ersten Erfinder der Dampfmaschinen gilt, und von
nigen, namentlich DESAGULIERS weit über SAVERY gestellt wird,
dem letzterer aus Eifersucht die Exemplare jener Schrift aufge-
uft und vernichtet haben soll, um selbst als Erfinder zu gel-
n [2], welchen noch PARTINGTON [3] MILLINGTON [4] u. a. für ein
ofses Genie halten, dessen Erfindungen man mit Unrecht ver-
chlässigt habe, wird von ROBISON [5], vorzüglich aber von
UART [6] vielmehr für einen prahlerischen Schwärmer ausgege-
n, von welchem es noch zweifelhaft sey, ob er den bekannten
rschlägen zu solchen Maschinen überhaupt etwas Eigenes hin-
gefügt habe. So viel ist gewifs, dafs weder in der angegebe-
n Schrift, noch auch in einer andern ungedruckten [7] irgend
e verständliche Angabe solcher Vorrichtungen enthalten ist.
Kraft der Dämpfe im Allgemeinen konnte ihm nicht unbe-
nt seyn, und es ist daher eine leere Erzählung, wenn es
t, der Marquis habe in der Gefangenschaft sein Essen in ei-
eng verschlossenen Gefäfse bereitet, dessen Deckel plötz-
im Camine empor geschleudert sey, und ihn auf diese Ge-
t aufmerksam gemacht habe [8]. Was man später aus WOR-
TERS Angaben herauszubringen suchte, kommt im Wesent-

---

1 Marquis of Worchester's A Century of the names and scantlings
ch inventions as at present I can call to mind to have tried and
cted. Lond. 1663.; zuerst gedruckt 1683.; (wahrscheinlich von
liers) 1746; 1786; Glasgow 1767; von J. Buddle 1813. in 12. ab-
ckt in Gregory's Mechanik Th. 2.

2 Experim. Phil. II. 466.

3 a. a. O. p. 5.

4 Epitome of Nat. Phil. 1823. Vol. I.

5 Encycl. Brit. art. Steam Engine.

6 a. a. O. p. 10.

7 An exact and true Definition of the most stupendous Water-
manding Engine, invented by the Right Honorable Edwart Sommer-
Lord Marquis of Worchester, and by his Lordship himself pre-
ed to his most excellent Majesty Charles the second, our most gra-
s Sovereign. 20 pag. 4. in den Mspt. des Brittischen Museums N.
L. Ebendaselbst befindet sich das Mspt. der Century of Inventions.

8 Buchanan Treatise on Propelling Vessels by steam. Glasgow
3. p. 16.

lichen auf DE CAUS's Erfindungen zurück [1]. Weit wich sind dagegen die Vorschläge von SAMUEL MORELAND, we um 1682 am Hofe Ludwigs XIV. Unterstützung für den von Maschinen suchte, welche das Wasser vermittelst der pfe heben sollten. So unvollkommen auch seine Angaben über sind [2], so geht doch soviel deutlich hervor, das Mor die ersten sehr wichtigen Versuche über die Expansion Kraft der Wasserdämpfe angestellt habe. Nach seiner A nehmen sie einen 2000mal grösseren Raum als das Wasse und ihre Elasticität steigt mit zunehmender Wärme, bis s Bande der Cohäsion überwindet. Indem hierbei die A Benutzung des Dampfes nicht näher bestimmt, sondern blo Stärke seines Druckes gegen eine gegebene Fläche angegeb so konnte in MORELAND's Vorschlage auch die spätere N mensche Idee enthalten seyn [3].

Will man die Sache unpartheiisch würdigen, so t zwei Männer die Ehre der Erfindung der Dampfmasc nämlich DIONYSIUS PAPINUS und SAVERY, wovon der erste Gegenstand zwar in grösserer Allgemeinheit auffasste, aber praktisch ausführte, der leztere dagegen durch sofortige tische Ausführung den künftigen Generationen einen ni berechnenden Vortheil verschaffte. PAPINUS kannte bei v zuerst die Kraft der Wasserdämpfe, wandte dieselben al nächst nur als Auflösungsmittel der Knochen seit 1681 Indefs kam er bald nachher auf eine andere Idee, nämli mittelst der Luftpumpe ein Vacuum zu bilden, dieses auf Strecken fortzupflanzen, und dann den Luftdruck als be

---

1 Man hat mehrere Constructionen solcher Maschinen n undeutlichen Beschreibung entworfen, z. B. DESAGULIERS's, un kürzlich ist dieses geschehen in Brewster's Edinb. Journ. of Sc. Allein hierbei hat man in der unverständlichen Angabe stets m funden als darin liegt. Vergl. G. XVI. 129.

2 Das Mspt. seines Memoirs befindet sich im Brittischen I Nro. 5771, enthält 22 S. 4, worin nur 4 Seiten von den Dampfi nen handeln. S. Stuart p. 22. Partington a. a. O. p. 8.

3 Vergl. J. d. P. XCIII. 399.

4 S. *Digestor*.

Mittel zu benützen [1]. Weil aber zum Bewegen der Luft-
pe nicht allezeit eine bewegende Kraft, z. B. ein Fluſs in
Nähe ist, so schlug er später vor [2], das Vacuum durch ent-
detes Schieſspulver zu erzeugen, oder hierdurch den Embo-
zu heben; und als er die Schwierigkeiten eines solchen Ver-
rens einsah, gab er 1690 die Idee an, den leeren Raum durch
s verdampftes und nachher wieder niedergeschlagenes Was-
ervorzubringen, welchen Vorschlag er später weiter erläu-
e [3], aber, so weit bekannt ist, nie praktisch im Groſsen aus-
te. Man darf also die erste Idee sowohl der atmosphäri-
n Dampfsmaschinen, als auch der mit einem Balancier al-
ngs dem Papinus zuschreiben, wenn sich auch nicht
Gewiſsheit erweisen läſst, daſs er von Savery's Erfindung
keine Kenntniſs gehabt habe; und auf allen Fall verdankt
ihm das Sicherheitsventil [4].

Savery's Maschine ist erweislich eine ihm eigenthümlich
hörige Erfindung, worauf ihn bei leidenschaftlicher Vor-
für alle, hauptsächlich aber für hydrostatische und hydrau-
e Maschinen eine zufällige Beobachtung führte. Er hatte
ich eine Weinflasche, worin sich noch eine geringe Menge
n befand, erhitzt, und dann die Oeffnung ins Wasser ge-
ht, welches mit groſser Gewalt in dieselbe drang [5]. Dieses
omen ist eigentlich die Grundlage seiner Maschine, und
Desaguliers dasselbe als unzulässig bestreitet, so zeigt
ön [6] sehr richtig, daſs es nothwendig erfolgen muſste,
uliers aber falsch experimentirt haben müsse, als er die-
cht fand. Zu welcher Zeit Savery seine ersten Maschi-
ach dieser Einrichtung unter groſsen Schwierigkeiten,

---

1 Acta Erud. Lips. 1685. p. 410. Vergl. Nouvelles de la Républi-
des Lettres. 1687. Juni. Jahrb. d. Polyt. Inst. I. 160.
2 Acta Erud. 1688. p. 644.
3 Recueil des diverses Pièces touchant quelques nouvelles Machi-
. Cassell 1695. Phil. Trans. 1697. p. 483. Ars nova ad aquam ignis
iculo efficacissime elevandam. Cassellis 1707. 4.
4 Millington Epit. p. 255. d. Uebers. I. p. 300.
5 Desaguliers. Exper. Phil. II. 466. Nach Switzer Introduction to
neral System of Hydrostatics cet. 1729. II Vol. I. 324. machte er
en Versuch mit einer Tabakspfeife.
6 Mech. Phil. II. 48.

welche die Ungeschicklichkeit der Arbeiter erzeugte, aus
ist nicht genau bekannt, indeſs hatte er schon einige verf
lassen, als er 1696 eine Beschreibung derselben herausgal
Jahre darauf ein Patent erhielt und 1699 sich gegen ve
dene Einwürfe zu vertheidigen suchte, worunter sich ab
ser, daſs er seine Erfindung vom MARQUIS von WORC
entlehnt habe, nicht mit befand [1]. Versuche mit eine
delle seiner Maschine machte er in Gegenwart des König
LIAM zu HAMPTON-COURT und vor der Kön. Societät in
1699, welche beifällig aufgenommen wurden [2]. SAVE
derte seine Maschinen nach Erforderniſs in auſserwesen
Stücken ab, und es wurden verschiedene im In- und Au
nach seinem Plane ausgeführt. Eine Unbequemlichkeit
ben besteht darin, daſs die Hähne mit der Hand gedrehe
den müssen, welches aber durch einen, die Heizung, zu
besorgenden Knaben leicht geschehen kann. Eine der
Einrichtungen der SAVERY'schen Maschine aber ist die
welche PONTIFEX ihr neuerdings gegeben hat [3]. In der
welche einen lothrechten Durchschnitt der Maschine da
sind b, b zwei metallene Gefäſse, von deren Inhalte die
des geförderten Wassers abhängt. Einer derselben zeigt si
der Seitenansicht, in beiden Figuren aber sind die gleichen
le mit gleichen Buchstaben bezeichnet. Der Dampf dri
diese Behälter durch die Röhre d, je nachdem das Schieb
(*Sliding valve*) *a* nach der einen Seite oder nach der a
gewandt ist, in den Behälter rechts oder links. Beide s
durch die Ventile i, i, mit der in das Wasser herabgehe
Röhre h, und durch die beiden andern I, I mit der auf
gehenden l in Verbindung; f, f mit den Steigbügeln g, g
herabgehende Röhren, durch deren feine Löcher der D
und auch das zur Abkühlung bestimmte Wasser in die Be
gelangt. Soll die Maschine in Gang kommen, so wird da
2 gedrehet, und vermittelst des leicht erklärlichen Mechan

Fig. 127.

Fig. 128.

---

1 Beide Schriften sind vereinigt in The Miner's Friend. 170

2 Phil. Trans. 1699. XXI. 228. Vergl. Act. Erud. 1700.
Leupold Theat. Mach. gen. Tab. LII. Weidler Tract. de Mach.
p. 84.

3 Partington. p. 12.

Ventil so geschoben, dafs der Dampf in den einen Behälter
gt, während der Zugang zum andern verschlossen ist. Die
ehälter befindliche Luft entweicht durch das Ventil I aus
Röhre 1, und wenn man den ganzen Behälter mit Dampf
füllt glaubt, wird das Rad 2 nach der andern Seite gedre-
worauf der Dampf in den andern Behälter gelangt, wäh-
nach Oeffnung des Hahns s aus einer Cisterne mit Wasser,
n die Maschine steht, das Kühlwasser durch das enge Rohr
n m in den ersten Behälter dringt, den Dampf in demsel-
niederschlägt und hierdurch einen leeren Raum erzeugt, so
das Wasser aus der Röhre h durch das Ventil i und die
e n denselben füllt. Während dieser Zeit ist der zweite
lter mit Dampf gefüllt, und indem man das Ventil wieder
einen ersten Stand drehet, tritt bei diesem der nämliche
lg ein. Der nunmehro in das erste Gefäfs wieder eindrin-
e Dampf drückt auf das in demselben befindliche Wasser,
prefst dasselbe durch das Ventil I und die Röhre 1 zu der
ngten Höhe. Sind hiernach die Kammern n n mit Wasser
llt, so öffnet man den Hahn y, worauf Wasser durch die
re u u in das Gefäfs v läuft, dieses füllt, und herabsinken
ht, wodurch dann das Rad 2 umgedrehet, und das Ventil
die andere Seite geschoben wird. Das herabsinkende Gefäfs
kt auf einen Stift, welcher eine Klappe im Boden desselben
et, und das Gefäfs entleert sich von selbst, indem nach
eerung der Kammer n und wieder anfangender Condensi-
g des Dampfes das Ventil w sich schliefst. Durch eine glei-
Vorrichtung wird das zweite Gefäfs x gefüllt und geleert,
l die Maschine ist also mit einer Selbststeuerung versehen.
endlich in der Cisterne nicht hinlängliches Wasser vorhan-
, so wird der Hahn p geöffnet, und es füllt sich dasselbe
der aus einer der Kammern n durch die Röhre o m', ist sie
r überfüllt, so hebt ein darin befindlicher Schwimmer ein
ntil, und sie entleert sich bis zur erforderlichen Höhe.

Der mehrerwähnte Papinus kannte Savery's Erfindung,
gab eine eigene Construction derselben an, bei welcher ein
Dampfbehälter angebrachter hölzerner Schwimmer, auf wel-
der Dampf drückt und das Wasser herausprefst, deswegen
ine vortheilhafte Zugabe angesehen werden darf, weil dann
Dampf weniger vom Wasser absorbirt wird, und seine Ela-

sticität wegen schlechter Wärmeleitung des Holzes sich wi[...]mer zeigen kann. Aufserdem aber brachte er bei dieser Ma[...]ne zuerst das Sicherheitsventil an [1].

Desaguliers [2] veränderte die Savery'sche Maschine wenig, indem er statt zweier Behälter nur einen nahm, d[...] der Dampf während des Aufsteigens des Wassers in dens[...] eine höhere Elasticität erhalten und das Wasser, ohne abge[...] zu werden, schneller vor sich hertreiben sollte. Das zum [...]dichten des Dampfes bestimmte Wasser leitete er aus der [...] Hinauftreiben desselben bestimmten Röhre durch ein Rohr [...] Eröffnung eines Hahns in den Behälter, wobei es zugleich d[...] ein Sieb fiel, um sich besser auszubreiten. Eine solche Ma[...]ne unter andern liefs er für Peter den Grossen in seinem [...]ten in Petersburg 1718 verfertigen, welche das Wasser 29 F. aufsog und dann noch 11 F. in die Höhe trieb. Bei [...] andern Maschine hing ein unwissender Arbeiter aufser de[...]hörigen Gewichte noch ein dickes Stück Eisen an das Hebe[...]til, der Kessel zersprang und tödtete den Arbeiter. Zu [...] Classe von Maschinen gehört auch die von Bosfrand, w[...] Weidler [3] beschreibt. Leupold [4] schlägt vor, den D[...] nicht abzukühlen, und dadurch ein Saugen zu bewirken, [...]dern die Maschine so anzubringen, dafs das Wasser durc[...]nen statischen Druck die Stiefel füllt, und durch die Elast[...] des Dampfes in die Höhe getrieben wird. Dafs dieses i[...] nur da angeht, wo Wasser aus einem Flusse oder Teiche g[...]dert werden soll, versteht sich von selbst. Gensenne [5] e[...] einen sinnreichen Mechanismus, sowohl das Ventil des Da[...]rohrs als auch den Hahn des Injectionsrohrs bei Desagu[...] Maschine durch eine Selbststeuerung zu bewegen, welch[...] durch zwei aus der Steigröhre des Wassers abwechselnd g[...]te und dadurch niedersinkende, an einem Hebel befestigt[...] nach dem Niedersinken sich selbst entleerende Kasten bew[...]

---

1 D. Papini Ars nova ad aquam ignis adminiculo efficacissi[...] vandam. Cass. 1707. 4.

2 Cours de Phys. II. 568.

3 Tract. de Machin. hydr. p. 84.

4 Theatr. Mach. II. Tab. 30.

5 Machines Approuvés. VII. 300. Mém. de l'Ac. 1744.

er Portugiese de Moura legte um die nämliche Zeit der Kön. Societät in London ein Modell einer andern Steuerung vor, welche in einem hohlen kupfernen Schwimmer im Behälter selbst bestand, an welchem eine Stange befestigt war, um beim Steigen und Sinken desselben einen Hebelarm zu heben, und durch diesen die Hähne zu öffnen und zu schliefsen [1]. Allein die atmosphärischen Dampfmaschinen wurden für so viel wirksamer gehalten, dafs man die Erfindung nicht sehr beachtete. Eben dieses Schicksal hatte Blakey's Maschine, welche sich dadurch unterscheidet, dafs zwei Behälter über einander angebracht sind, um das einmal erwärmte Wasser mit einer darauf schwimmenden Lage von Oel als schlechten Wärmeleiter stets zu erhalten, indem dieses aus dem unteren Behälter in den oberen steigt, der untere sich aber mit frischem aus der Zuleitungsröhre füllt, wenn der Dampf condensirt wird, dann aber durch zugelassenen Dampf in den unteren, und das hierin befindliche Wasser in der Steigröhre hinaufgedrückt wird, eine im Ganzen nicht zweckmäfsige Einrichtung. Statt des Kessels gebrauchte er mehrere, schräg in einem Ofen liegende Röhren [2]. Mit einer sinnreichen, aber nur eine eingeschränkte Anwendung zulassenden Steuerung versah François in Lausanne diejenige Maschine, welche er zur Austrocknung der Sümpfe bei Lausanne vorschlug [3]. Das ausgeleerte Wasser flofs nämlich in einen in der Mitte balançirten Trog, welcher dadurch an einer Seite das Uebergewicht erhielt, umschlug, sich dadurch von selbst entleerte, zugleich aber vermittelst zweier an seinen beiden Enden angebrachter Stangen die beiden Ventile des Dampfkessels und der Förderungsröhre öffnete und schlofs. Nancarrow änderte 1799 die Saverysche Maschine dahin ab, dafs er mit dem Dampfraume einen abgesonderten Condensator verband, aufserdem nach einem von Savery schon geäufserten Vorschlage das geförderte Wasser auf ein oberschlächtiges Wasserrad fallen lassen wollte, um dieses umzutreiben [4]. Indefs

1 Smeaton in Phil. Trans. 1752. XLVII. 437.

2 Blakey sur les Pompes à feu. Amst. 1774. 4.

3 Mémoires de la Soc. des Sciences phys. de Lausanne. IV Vol. p. 51.

4 Transact. of the American Phil. Soc. IV. 348. Repert. of Arts XIV. 329. Phil. Mag. IX. 300.

ist dabei keine Selbststeuerung angegeben, und so ist di sinnreich ausgedachte Maschine dem jetzigen Standpun Mechanik nicht angemessen. Diese Selbststeuerung feh gegen nicht bei der durch JAMES BOAZ angegebenen Ma ohne Condensation [1], bei welcher der Dampf auf einen lust, dieser aber auf Quecksilber prefst, und letzteres Höhe treibt, so dafs das über demselben stehende Wa eine Cisterne gedrückt wird. Ist die am Embolus befin nach Aufsen durch eine Lederbüchse dampfdicht ge Stange tief genug herabgedrückt, so verschliefst ein an i findlicher Mechanismus den Dampfhahn, und öffnet ein dern Hahn, welcher dem Dampfe einen Ausweg in di Luft ohne Condensation gestattet, worauf das Quecksilber sein Gewicht niedersinkt, den Embolus hebt, und das aus dem unteren Behälter in die Höhe saugt, bis die Stan Embolus eine entgegengesetzte Stellung der Hähne be und die Wirkung des Dampfes aufs Neue beginnt [2]. steht schon die grofse Menge des erforderlichen Queck und das grofse Gewicht desselben einer praktischen Anwe dieser Maschine entgegen. Bei der von RICHARD WITTY gebenen Maschine [3] steht der obere Theil des Dampfbe selbst im Feuer, um den Dampf unmittelbar in demselb dem aufsteigenden Wasser zu erzeugen. Zugleich befind darin ein Schwimmer mit einer durch den Deckel geh Stange, welche auswärts einen Hahn öffnet, und kaltes ser einspritzen läfst, wenn der Schwimmer durch den l herabgedrückt ist. Nachher hebt das in der Steigröhre erster Abkühlung des Dampfes durch den Luftdruck aufst de Wasser den Schwimmer, der Hahn schliefst sich w und die Dampfbildung beginnt aufs Neue [4].

Dieser Mechanismus und insbesondere die Steuerung s nen zwar sehr einfach und zweckmäfsig, allein es dürfte

1 Stuart. p. 173.

2 Repertory of Arts. VIII. 322.

3 Aus Magaz. d. neuesten Erfindungen in Bibl. univ. VI. 22

4 Andere minder wichtige Veränderungen dieser Maschine von P. KEIR S. Nicholson J. I. 419. daraus in G. XVI. 129. vo NOURY D'ECTOT nach Ann. C. P. XVIII. 133. übergehe ich der wegen.

er wirklichen Ausführung noch vielfache Schwierigkeiten
n; auf allen Fall aber würde diese Vorrichtung noch weit
Feuerung erfordern, als die andern Maschinen, welche
abgesonderten Dampfkessel haben, überhaupt aber dürfen
Saveryschen Maschinen, obgleich sie ihrem Erfinder un-
lichen Ruhm sichern, doch immerhin neben den andern
n aufser Gebrauch kommen [1].

8. Rotations-Maschinen.

Gleichzeitig mit den Vorschlägen Savery's, Papin's u. a.
der bekannte Amontons auf eine Dampfmaschine, welche
wegen ihres künstlichen Baues und des erforderlichen vie-
rennmaterials nicht praktisch angewandt werden kann,
nreiche Erfindung aber hauptsächlich in Beziehung auf
malige Zeit, und als erster Versuch einer sich um ihre
ehenden Maschine um so mehr gegen Vergessenheit ge-
zu werden verdient, als gerade diese Art von Maschinen
die neuesten Zeiten herab vielfach verändert sind, und
egenwärtig nicht ohne Nutzen praktisch angewandt wer-
Im Jahre 1699 legte Amontons der Pariser Akademie die
ibung seiner Maschine vor [2]. Sie besteht aus einem Fig. 129.
dessen innerer Raum vierfach, und jede der Abtheilun-
der in 12 Kammern abgetheilt ist, welche sämmtlich von
durch dampfdichte Wände getrennt sind. In den äu-
ammern A, B, C, .. befindet sich Luft, welche durch
ufs des Feuers ausgedehnt durch die krummen Röhren
auf die in den correspondirenden Kammern der drit-
eilung drückt, und hierdurch das Wasser durch die
. einer Seite sich öffnenden Klappen treibt, wodurch
an einer Seite ein Uebergewicht erhält, und herumge-
wird. Es sey demnach das Rad in der Lage, welche

[1] Nach Millington Grundrifs der theor. u. Experimental-Physik Weimar 1825. 8. I. 301. bedarf eine gut eingerichtete Maschine rt doppelt so viel Feuerung, um einen gleichen Effect hervor-, als eine der besseren nach der neueren Einrichtung. Die kann bei jener durch ein Rad regulirt werden, welches das Wasser umtreibt.

[2] Mém. de Par. 1699. p. 112.

die Zeichnung angiebt, so wird das Feuer die Luft in d
mer A ausdehnen, diese auf das Wasser in a drücken,
selbe durch die Klappen in die Kammern b, c, d treib
wegen das Rad sich um seine Axe drehen, die Kamm
Einflusse der Wärme ausgesetzt werden, und auf gleic
das Wasser in die Höhe drücken, die Kammer A ab
Wassercisterne R R herabsinken und abgekühlt werd
bis sie aufs Neue der Einwirkung des Feuers ausgese
Nach AMONTONS soll der dritte Raum einen Durchme
12 F. haben, 754 Kub. F. Wasser enthalten, deren
auf 13202 ℔ berechnet, und mit dieser Kraft soll da
85 Sec. einmal umlaufen. Diese Geschwindigkeit ist
hoch angeschlagen, außerdem aber das luftdichte S
der Kammern zu schwer erreichbar, sonst bleibt es
lich, ob nicht eine solche Maschine nebenher bei einen
ten Ofen vortheilhaft anzubringen wäre.

WATT versuchte eine rotirende Maschine aus ei
dicht in einer andern drehenden Trommel herzustel
welcher der Dampf bloß nach einer Seite drückte, ab
ihm unmöglich, das luftdichte Schließen hervorzubrin
als er den Apparat in Quecksilber oder leichtflüssige
gama senkte, wurde das Metall zu bald oxydirt, und e
her die Idee auf [1]. COOKE schlug einen Cylinder vor
pen, welche sich nur nach einer Seite durch ihr eig
wicht öffnen sollten. Diesen legte er in einen ander
ausgehöhlten Cylinder, ließs den Dampf durch einen Z
raum zwischen beiden vom Erzeuger nach dem Con
strömen, und auf diesem Wege sollte er die geöffneten
vor sich her treiben und dadurch den ersten Cylinder
hen [2]. Eine nach WATT's Vorschlage eingerichtete, e
geänderte rotirende Maschine schlug CARTWRIGHT vor
scheint sie nie, selbst nicht im Modelle ausgeführt
Eben dieses war ohne Zweifel der Fall bei MURDOCK's V
ge [4], welcher zwar sinnreich ausgedacht ist, aber an

---

1 Rees Cyclop. Art. Steam Engine.
2 Transact. of the Roy. Irish Acad. 1787.
3 Repertory of Arts. X. 7.
4 Ebend. XIII. 11.

öglichkeit, alle Verbindungen gehörig dampfdicht zu verschlie-
en, gewiſs ein unübersteigliches Hinderniſs finden würde.
ne dieser ähnliche Vorrichtung beschreibt BORGNIS[1] unter
m Namen der Maschine von VERZY. HORNBLOWER[2] schlug
ichfalls zwei solche rotirende Maschinen vor, aber es scheint
ine von beiden anders als etwa im Modell ausgeführt zu seyn,
d GREGORY[3] hält das dampfdichte Schlieſsen bei derselben
ichfalls für unerreichbar. Es ist in der That auffallend, daſs
ch noch in diesem Jahrhundert nach der groſsen Vervollkomm-
ng der WATT'schen Dampfmaschinen und nach Auffindung
s Mechanismus zur Verwandlung der geradlinigen Bewegung
selben in eine rotirende dennoch so viele Vorschläge zu ein-
 rotirenden Maschinen bekannt gemacht sind, welche aber
mtlich wegen der angedeuteten Hindernisse keine vortheil-
e Ausführung zulassen, und es wird daher genügen, sie nur
risch zu erwähnen. Dahin gehört die von ANDREW FLINT,
ROBERT WILLCOX, von MEAD, auch die künstlich gebaute
dem bekannten Mechaniker SAMUEL CLEGG, welche seiner
icherung nach mehrmals ausgeführt seyn und den Absich-
des Erfinders entsprochen haben soll, obgleich von andern[4]
tende Einwendungen dagegen gemacht sind, die der von
 angegebenen ähnliche von TURNER, zwei der ursprüngli-
 AMONTONS'schen am nächsten kommende von WILLIAM
s und von WILLIAM CONGREVE[5], die nach COOKE's und
WRIGHT's früheren Angaben mit sinnreich ausgedachten
serungen construirten von RIDER und hauptsächlich von
, nebst noch einigen andern, welche einzeln namhaft
chen zu weitläuftig seyn würde[6].

1 Mécanique appliquée aux Arts. Par. 1818 Comp. des Mach.
0.

2 Repertory of Arts. IX. 289.

3 Gregory Mechanics II. 387.

4 Repertory of Arts. XV. 325.

5 Bibl. univ. XIV. 132.

6 Die genannten findet man sämmtlich erwähnt und meistens nach
ichen Zeichnungen beschrieben bei STUART a. a. O. Eine vollstän-
e Kenntniſs kann man sich verschaffen aus den zahlreichen Bänden
epertory of Arts.

Diejenige rotirende Maschine, welche sehr sinnreic gedacht, allerdings eine praktische Anwendbarkeit vers ist das MASTERMAN'sche Rad, welches die eine Zeichnung in rechten Durchschnitte darstellt, indem die andere einen s Durchschnitt der ganzen Maschine zeigt. Das Ganze ist ei les Rad, durch Klappenventile in einzelne Kammern abg Der hohle Ring des Rades a a ist stets mit Wasser halb statt dessen ONIONS in seinem patentirten Vorschlage vo ein unter der Siedehitze schmelzendes Metallgemisch zu r räth, welches bei seinem gröfseren Gewichte ungleich v mer ist [1]. Um den Abgang des Wassers zu ersetzen, die Reservoir b mit einem Ventile c, welches sich dur Schwimmer v gehoben selbst schliefst. Bedient man s nicht verdampfenden Metallgemisches, so kann dieses Re entbehrt werden. Durch das Rohr m wird der Dampf a Dampfkessel zugeführt, dringt durch die hohle Speiche c den Raum e, verschliefst das Ventil f, öffnet die Klappe g das Wasser vor sich hin, dafs es bis h aufsteigt, wodu Rad ein Uebergewicht erhält, und um seine Axe umläuft. die Speiche in die Lage vor k, so trifft der Dampf am e Ende im Kranze eine Oeffnung, durch welche er in de densator entweichen kann, wohin auch durch das Vent etwa angesammelte Luft dringt. Die Gegengewichte n, an den Klappen sind bestimmt, dieselben zu öffnen, da der Bewegung des Wassers kein Hindernifs entgegensetze die Maschine von einfachem atmosphärischen Drucke, so sie das Wasser nur bis 32 F. hoch drücken. Indefs will TERMAN, dafs man nur 28 F. Druckhöhe annehmen soll, indefs der horizontale Querschnitt des Randes beliebig seyn kann. Die Maschine läfst sich auch mit hohem l einrichten, in welchem Falle das Rad eine beliebige Höhe und der Dampf in die Atmosphäre entweichen kann [2].

Fig. 130. u. 131.

---

1 Millington a. a. O. p. 395. Jos. BAADER hat in München e ches Rad, mit dem Metallgemische gefüllt, wirklich ausführen und zweckmäfsig gefunden, ONIONS dagegen verwarf dasselbe, beim Erkalten durch seine Ausdehnung die Röhre sprengte.

2 Description of Masterman's Patent Rotatory Steam E Lond. 1822. Repertory of Arts. 2d. Ser. XLI. 139.

ıche, welche der Erfinder dieser Maschine mit derselben stellt hat, sprachen sehr zu ihrem Vortheile, und ergaben dafs bei gleichem Aufwande von Kohlen diese gegen eine hnliche Condensationsmaschine im Verhältnifs von 30 zu virkte. Die Maschine verdient also allerdings Aufmerk-eit.

Endlich möge von den Rotations-Maschinen hier noch die-e kurz beschrieben werden, welche ein gewisser Stiles in more verfertigt, und wovon eine, von 60 Pferdekräften Dampfschiff *Surprise* treibt, wodurch also die praktische endbarkeit derselben vorerst erwiesen ist, obgleich das ältnifs ihrer mehr oder minder vortheilhaften Benutzung durch längere Zeit verglichene Erfahrung geprüft werden . Sie ist im Baue sehr einfach und in der Hauptsache der-en nachgebildet, welche Cooke erfunden hat [1], jedoch in n Stücken zweckmäfsiger eingerichtet. Zur allgemeinen tnifs derselben genügt eine Durchschnittszeichnung. Das Fig. 132 e besteht aus einem feststehenden Cylinder, in welchem nderer eingeschlosser durch die Kraft des Dampfes bewegt . Die festsitzende Axe des letzteren S ist zugleich die e der Schaufelräder, welche das Schiff treiben. In den ren Cylinder wird der Dampf aus dem Kessel durch das r D D geleitet, und entweicht durch ein anderes D′ D′ in den ensator. Der innere Cylinder schliefst mit seinen beiden ren flachen Seiten dampfdicht an die inneren Flächen des n Cylinders an, weil aber der Durchmesser des ersteren r ist als der des letzteren, so entsteht dadurch ein für trom des Dampfes offener Canal, welcher durch ein mas-dampfdicht passendes Stück L L oben verschlossen ist, so lie Bewegung des Dampfes daher nur nach einer Seite er-ı kann. Es versteht sich dabei von selbst, dafs dieser er an der inneren Seite des äufseren Cylinders befestigt, die me Oberfläche des inneren Cylinders aber hinlänglich glatt m durch Reibung nicht zu sehr an seiner Bewegung zu ren, eine bei diesen Maschinen sehr zu beachtende Bedin-. Auf der krummen Oberfläche des inneren Cylinders be-

1 Transact. of the Roy. Irish Acad. 1787. Stuart a. a. O. p. 150.

finden sich die beiden flügelförmigen Klappen i, i, welc
nes den Zwischenraum beider Cylinder, oder den Da
gänzlich verschliefsen, verschlossen aber sich so völlig
die krumme Fläche des innern Cylinders einlegen, dafs
beim Hingange unter dem Stopfer L L kein Hindernifs
ten. Kommt die eine Klappe bei der Oeffnung in H an,
sie den drückenden Dampf entweichen, während der
durch den Widerstand der andern Klappe umgetrieben
dafs die erstere Klappe bei dem kegelförmigen Stücke u'
mend sich in ihr Lager legt. An den Klappen befin
die Hebelstücken t, t', welche beim Niederlegen derse
um Zapfen drehend in dem inneren Raume der Quadra
genommen werden, dann aber, wenn sich die Klappe
öffnen sollen, durch das Stück u u' vorgeschoben werd
ches für diesen Zweck im äufsern Cylinder befindlich i
kann das letztere von Aufsen durch Schrauben stell
solche Weise öffnet sich die eine Klappe, indem auf bei
ten der Druck des Dampfes gleich ist, und die andere
sich in dem schon mit dem Condensator verbundenen
so dafs ihrer Bewegung, aufser der Reibung, kein
Hindernifs im Wege steht. Die Klappen sind von Kup
etwas trapezoidalisch, weil der Dampfcanal nach Aufs
enger wird. In einer Rinne in beiden Flächen des inn
linders, desgleichen in einer Furche in dem äufserste
welcher die beiden Flächen des äufsern Cylinders aus
hält, liegen die das Entweichen des Dampfes hindernd
nirungen, welche angedrückt werden, wenn man di
Scheiben des äufsern Cylinders durch die in der Zeichn
gedeuteten Schrauben auf den äufsern Ring prefst. A
Garnirungen des massiven Stopfers L L liegen zwischen
lenen Scheiben, und werden durch Schrauben angedrüc
werden sämmtlich alle Monate oder dreimal im Jahre en

Die Maschinen sind von hohem Drucke, und dah
der Dampf blofs abgekühlt in einem durch äufseres kalt
ser stets kühlen Behälter, in welchem es sich sammel
dem Siedekessel wieder zur Speisung dient. Man v
dieser Maschine offenbar viel dadurch, dafs der Dampf v
her (fünf oder gar zehnfacher Elasticität) entweicht, w
aber der gleichmäfsigen Bewegung wegen geschehen mufs,

ſse sich viel gewinnen, wenn man eine Expansionsmaschine raus machte, und ein Schwungrad anbrächte. Uebrigens ist r innere Durchmesser des groſsen Cylinders = 1,^{m}5 der Zwi-henraum zwischen den Cylindern 0,^{m}152 zwischen den Flä-n 0,^{m}483 und das Gewicht des Ganzen vier bis fünf Ton-n; sie hat 8 Dampfkessel, welche mit einander in Verbin-ng stehen, 7 Tonnen Wasser halten und leer ohngefähr 8 Ton-wiegen. Das Dampfschiff, welches durch diese Maschine ieben wurde, obgleich übrigens nicht vortheilhaft gebauet, 1817 alle andere an Geschwindigkeit übertroffen haben. Preis einer solchen von 63 Pferdekräften sollte 66000 Francs von 40 Pferdekräften 44000 Francs betragen [1].

Dampfmaschinen mit einem Embolus.

Unter den Papieren des gelehrten und in jeder Hinsicht ge-n Dr. Robison fand sich ein Memorandum, wonach der be-te Dr. Hooke schon 1678 die *Newcomensche Dampfma-e* angegeben haben soll [2]. Indeſs ist dieses nicht wahr-nlich, weil aus einigen seiner nachgelassenen Papiere und hiedenen Vorträgen bei der Akademie hervorgeht, daſs er später über die Ausführbarkeit des Papin'schen Vor-gs, einen leeren Raum durch entzündetes Schieſspulver eugen, und diesen durch den Druck der atmosphärischen ur Bewegung von Maschinen zu benutzen, nachdachte, unmöglich verwarf, wohl aber in seinem Briefwechsel m Eisenschmiede Thomas Newcomen und dem Glaser Cawley, beide in Dartmouth, diese darauf führte, das m lieber durch Dämpfe hervorzubringen [3]. Die erste Idee jenigen Dampfmaschinen, welche diese nachher erfanden, welche alle spätere Verbesserungen veranlaſst hat, wurde rch Papin gegeben, die Sache mehr geregelt durch Hooke, findung selbst und ihre vollständige Ausführung gehört en beiden genannten Männern, welche 1705 ein Patent iese Maschinen erhielten. Im Allgemeinen wurde bei den-

1 Marestier a. a. O. p. 108 ff.
2 Stuart a. a. O. p. 20.
3 Ebend. p. 58.

selben der heiſse Wasserdampf in einen Stiefel geleitet,
Embolus in demselben, und nachdem dann der Stief
umgebendes Wasser abgekühlt war, drückte die Luft
bolus nieder; diese Luft war somit die eigentlich be
Kraft, und die Maschinen wurden daher *atmosph*
Dampfmaschinen genannt. Erst 1711 schlossen d
der einen Contract ab, eine zum Heben des Wassers b
Maschine zu erbauen, wozu ihnen POTTER behülflich w
deſs kannten sie die Theorie so wenig, daſs sie das rich
hältniſs der Theile nicht herzustellen vermochten, ha
das Glück, daſs der Zufall sie auf eine wesentliche Ver
ihrer Erfindung führte. Bei ihren Maschinen nämli
wie bei der Savery'schen geschah die Abkühlung de
durch Wasser, welches denselben von Auſsen umgab,
ses dauerte lange. Zufällig bewegte sich ihre Masc
schneller, als früher, sie entdeckten, daſs dieses in F
Loches geschah, durch welches kaltes Wasser in de
drang, und sie benutzten dann dieses zweckmäſsige
zur schnelleren Abkühlung des Dampfes [1]. Man hat z
ter diese atmosphärische Dampfmaschine noch verschi
verbessert, allein da sie schwerlich wieder in Gebrau
men wird, so verdient sie ihres geschichtlichen Inter
gen in der ursprünglichen einfachen Gestalt hier darg
werden. Die einzelnen Theile bedürfen nur einer k
schreibung. Der Kessel b, welcher in dem Heerde bei
heizt wurde, daſs der Rauch oder die heiſse Luft d
Räume x, x um denselben ging, und welcher bei s ei
heitsventil hatte, lieſs den Wasserdampf nach Oeffi
Hahns d in den Stiefel a aufsteigen, so daſs der Emb
hoben wurde, nicht sowohl durch die Elasticität des
als vielmehr durch das Uebergewicht des Balanciers.
Embolus oben, so wurde der Hahn d geschlossen, f da
öffnet, und es spritzte Wasser aus dem Gefäſse g in d
condensirte den Dampf, und der Embolus wurde d
Druck der Atmosphäre niedergedrückt, wobei das aus
pfen gebildete und das eingespritzte Wasser durch da
in einen tief liegenden Behälter mit Wasser abfloſs. Das

Fig. 133.

1 Ebend. p. 65.

lte sich durch das Rohr q vermittelst der an der Stange m gebrachten Druckpumpe, die Hähne c; c dienten aber dazu, n zu wissen, wie hoch das Wasser noch im Kessel stand.

So unvollkommen auch diese Maschine ist, so mufs man ch berücksichtigen, dafs die Luft bei 28 Z. Barometerhöhe gen einen Par. Quadratfufs mit einem Gewichte von 2316 ℔. ickt [1]. Angenommen, dafs der Dampf nur bis 40° R. abgehlt wurde [2], wobei er noch eine Elasticität von 3,37 Z. hat; betrug dann der Druck dennoch nahe 2037 ℔. gegen einen adratfufs, und so liefs sich mit einem Embolus von drei adratfufs Fläche doch nach Abzug der Reibung eine Kraft n 6000 ℔. erhalten. Bei einer solchen Maschine war ein abe, Humphry Potter, zum Reguliren der Hähne angestellt, lcher dieses aber zu mühselig fand, und daher einen Mechamus aubrachte, dafs sie durch die Bewegung des *Balanciers* iert wurden. Viel vollständiger aber wurde diese Selbststeueng nebst sonstigen Verbesserungen durch Henry Beighton bei r von ihm 1718 zu Newcastle-on-Tyne errichteten Dampfschine angebracht, welche auch das von Desaguliers angebene Sicherheitsventil mit einem Hebel erhielt. Diese Mainen zeigten bald einen grofsen Vorzug vor den Savery'-ken, namentlich rücksichtlich des Effectes und der Ersparnifs Brennmaterial, so dafs sie in grofser Menge und von ungerer Gröfse erbauet wurden, auch ist ihre Zahl noch jetzt gröals derer mit hohem Druck. Unter die bedeutendsten gehören jenigen, welche zu Königberg, in Ungarn, und eine andere, che in London zum Heben des Wassers aus der Themse ertet wurde [3], nebst verschiedenen in Frankreich schon vor

---

1 S. *Aerostatik* I. 262.

2 Nach Robison's Angabe. Bei den meisten Newcomenschen hinen beträgt indefs die Wärme des aus dem Dampfe gebildeten sers noch 49° bis 63° R. nach Watt bei Robison Mech. Phil. II. Die Abkühlung ist demnach sehr unvollkommen.

3 Leupold Theat. mach. gener. Tab. LII. LIII. Theat. mach. . Tab. XLIV. Weidler Tractat. de Machinis hydraulicis, toto orbe arum maximis, Marliensi et Londinensi. Viteb. 1728. 4. John Allen ative of several New Inventions and Experiments, particularly the ating a ship in a Calm and Improvements on the Engine to raise

1744 erbaueten, namentlich die zu Fresne bei Condé, zu Sa unweit Charleroi für die Kohlenminen und eine bei Namur den Bleiminen [1], von denen die zu Fresne durch Belidor gen beschrieben ist [2]. Eine wesentliche Schwierigkeit gegen Dauerhaftigkeit dieser Maschinen lag in der Verbindung Stiefels mit dem Kessel, indem beide allezeit eine die Verbi dungen endlich auflösende Erschütterung durch das Anschlag des Embolus beim Aufsteigen und Niedersinken erhielten, dafs auch SMEATON die erforderliche Festigkeit nicht herausbri gen konnte, und selbst dann bleibt diese schwierig, wenn au der Stiefel vom Kessel getrennt, und für sich hingestellt be stigt wird.

Diese Maschinen waren nach ihrem ursprünglichen einf chen Baue nur zum Heben des Wassers bestimmt und eingeric tet; der erste Schritt aber, sie für die Mechanik im weitest Umfange anwendbar zu machen, geschah durch JONATH HULLS 1736, indem er vorschlug [3], sie mit einem Schwungra zu versehen, und dieses durch eine Kurbel in Bewegung setzen, eine wesentliche Verbesserung, auf welche er ein Pate nahm, ohne dafs das Publicum dieselbe beachtete oder in A wendung brachte. Um 1758 gab FITZGERALD [4] noch genau an, wie man durch ein am Balancier angebrachtes Räderwe ein Getriebe, und durch dieses ein Schwungrad in Bewegun setzen könne, um eine stets gleichförmige Bewegung zu erha ten, aber auch dieses wurde nicht beachtet, wenn es glei fraglich ist, ob WATT von beiden Erfindungen, wie STUART meint, keine Kenntnifs gehabt habe.

Die *atmosphärischen Dampfmaschinen* kam stets mehr in Aufnahme, insbesondere seitdem SMEATON all ihren Theilen eine bessere, sachgemäfse Proportion gegeben hat

---

Water by Fire. Lond. 1730. 8. De la Motraye Voyage en Europe, As et Afrique. à la Haye 1732. III vol. fol. III. 360.

1 Gensanne in Machines Approuvés. VII. 300.

2 Architecture hydraulique. Par. 1757. IV Vol. 4. II. 308.

3 A Description and draught of a new-invented machine for ca rying vessels or ships aut of or into any harbour cet. Lond. 1737.

4 Phil. Trans. 1758. 53. 370.

5 a. a. O. p. 91.

Sie wurden nicht blofs in England gebraucht, sondern ch in Holland, Frankreich und um 1760 wurde sie auch im tischen Amerika eingeführt. Indefs beginnt eine neue Pe-de mit James Watt, welcher 1736 geboren, zum mathe-tischen Instrumentmacher bestimmt und durch den Umgang t seinem Freunde, dem berühmten Geometer Robison gebil-, 1757 Aufseher des mathematischen und physikalischen inettes in Glasgow wurde [1]. Robison, welcher damals dort dirte, richtete die Aufmerksamkeit desselben auf ein beweg-hes Modell der *Newcomenschen* Dampfmaschine, indem er abte, solche Maschinen könnten überhaupt als bewegendes ttel, selbst beim Fuhrwerke gebraucht werden. Nach man-rlei Versuchen, welche er anstellte, und nach vielfachen terhaltungen über die Natur der Dämpfe mit Dr. Black und son [2] kam er zu der Ueberzeugung, dafs der Dampf zu r Abkühlung einer zu grofsen Menge Wasser bedürfe, da-n aber als elastisches Fluidum in jeden ihm eröffneten lee-Raum eindringen, und, wenn derselbe kalt sey, dort von t verdichtet werden müsse, welches er als neues Princip bei n Dampfmaschinen zum Grunde legte, indem er den Con-sator seitwärts anbrachte, und ihn mit einer Pumpe versah, das Wasser und die Luft aus demselben herauszuziehen. ferner die Verdampfung des Wassers des bisher nafs ge-chten Embolus zu entfernen, machte er ihn mit Fett luft-, und damit endlich die auf demselben ruhende Luftschicht Stiefel nicht abkühlen möchte, bedeckte er letzteren mit ei-Kappe, liefs die Stange des Embolus luftdicht durch eine pfbüchse in derselben sich bewegen, und den Dampf so-hl auf die obere, als auch auf die untere Seite des Embolus ken. Hierin bestanden seine wesentlichen Verbesserungen, ch welche die Maschine zur *eigentlichen Dampfmaschine* rde, das erforderliche Brennmaterial aber bis auf ein Drittheil früher verbrauchten herabkam [3]. Im Jahr 1768 legte Watt Verbindung mit Dr. Roebuck eine Maschine nach seiner Er-lung zu Kinneil in den Kohlenminen des Herzogs von Ha-

1 Playfair in Monthly Mag for 1819.
2 Erzählt durch Watt selbst in Robinsons Mech. Phil. II. 117.
3 Vergl. Stuart a. a. O. p. 98 ff.

MILTON an, welche als Probestück vielfach abgeändert u bessert wurde [1], und erhielt im folgenden Jahre ein Pat über. Die Maschine hatte Selbststeuerung, aber no Schwungrad, und hiefs *single reciprocating Engi* seinem erfinderischen Talente einen weiten Spielraum z bot sich eine Gelegenheit dar, indem er sich 1773 mit ternehmenden BOULTON verband, und nach einem 177 Jahre erhaltenen Patente eine Fabrik in SOHO bei BIR anlegte [2].

Es würde zu weit führen, wenn ich alle einzelne serungen der Zeitfolge nach, wie sie erfunden und ei wurden, genau erläutern wollte, und es mögen daher wichtigsten hier erwähnt werden. Bei der einfachen M drückte der Dampf nur gegen die eine Seite des Embol es ging daher durch die Bewegung des Gegengewichts ei ge Kraft verloren. Wurde die Maschine blos zum Was gebraucht, so ist durch die langen herabgehenden Ket Pumpenstangen dieses Gegengewicht ohnehin vorhand der Verlust nicht eigentlich vollständig. Im Allgemei ging WATT sehr bald zu seiner doppelten condensiren schine (*double condensing Engine*) über [3], bei der Dampf abwechselnd auf die obere und untere Seite bolus wirkt, und zugleich unter der entgegengesetzten sirt wird. Sie leistet den doppelten Effect in der H Zeit, als die einfache, erfordert aber auch die doppel von Dampf, und der Effect ist also der Menge des verb Dampfes proportional [4]. Das *Schwungrad*, durch e bel bewegt, führte er gleichfalls ein, und brachte bei ben die umlaufenden Räder (*Sun and Planet W* an. Die Sache selbst ist aus der Zeichnung leicht er Fig. 134. An dem herabgehenden Arme x des Balanciers ist da an dem Schwungrade aber das Rad a, beide in einer E

1 Rees Cyclop. Art. Steam Engine.

2 Playfair in Monthly Mag. 1819.

3 Ein gewisser FALK wollte ihm diese Erfindung späterh machen. S. Falk description of an improved Steam Engin 1779. 8.

4 Stuart a. a. O. 131.

nd, befestigt, eine Schiene hält beide in gleicher Entfernung, d zwingt ihre Zähne in einander zu greifen. Bewegt sich m die Stange x durch die Bewegung der Dampfmaschine auf d nieder, so laufen beide Räder um einander um, und die wegung des Schwungrades ist doppelt so schnell als mit der rbel. Allein die Einrichtung ist kostbar und kommt leicht Unordnung, weswegen man neuerdings wieder zur Kurbel rückgekehrt ist. Zu Watt's condensirenden Maschinen gert auch diejenige, welche Perrier zu *Chaillot* bei *Paris* ichtet, und Prony sehr im Einzelnen beschrieben hat [1]. Nach sem Schriftsteller ist dieselbe zwar durch Perrier selbst nach glischen Mustern verfertigt, allein nach Stuart's [2] weit glaubürdigerer Angabe ist sie durch denselben bloſs zusammengezt, indem sie in allen ihren Theilen zu *Soho* gekauft und ch Frankreich transportirt wurde.

Vorzugsweise verdient wohl die Einrichtung der sogenann- *Expansionsmaschinen* eine nähere Erörterung. Der me kommt davon her, weil man dem Dampfe unter oder über n Embolus, nachdem man den weiteren Zuflufs gesperrt hat, h weiter durch seine Expansion zu wirken verstattet, wel- zwar bei allen Maschinen, am vortheilhaftesten aber bei de- mit hohem Drucke angewandt werden kann. Wird näm- der Stiefel ganz mit Dampf erfüllt, so wird er nach Beenng der Bewegung des Embolus noch die nämliche Kraft ha- als im Anfange, und würde also der Embolus zwar mit inderter, aber auf allen Fall noch mit einiger Kraft zu he- im Stande seyn, wenn eine weitere Bewegung desselben lich wäre. Wie das Gesetz der Ausdehnung des Dampfes inen gröſseren gegebenen Raum sey, ist noch nicht ausgeht [3], indem durch die gröſsere Ausdehnung zugleich Wärme nden und dadurch die Elasticität des Dampfes vermindert d. Geht indeſs die Ausdehnung nicht so sehr schnell vor h, und sind die Wände des Stiefels heiſs genug, um den rmeverlust mindestens zum gröſsten Theile zu ersetzen, so

1 Prony Neue Architectura Hydraulica übers. von Langsdorf. II.
2 Stuart a. a. O. p. 140.
3 Vergl. *Dampf; latente Wärme desselben.*

wird zwar die Pressung dem Mariotteschen Gesetze nicht [illegible] lirt, aber doch nahe genau proportional seyn, und al[illegible] Dampf, wenn man z. B. den Stiefel nur halb füllt, dan[illegible] Hahn verschliefst und den Dampf sich auch in der zweiten [illegible] te des Cylinders ausbreiten läfst, im Anfange noch die Pr[illegible] = 1, am Ende die = 0,5, also im Mittel eine Pressung [illegible] zu seiner in der ersten Hälfte geleisteten hinzuzufügen im [illegible] de seyn. CHRISTIAN [1] macht dieses durch folgende Berec[illegible] anschaulich. Man nenne den Inhalt eines Stiefels = 1, [illegible] ihn in 20 gleiche Theile, lasse den Dampf von der Spa[illegible] = 1 in den Stiefel treten, so wird er mit einer beweg[illegible] Gewalt = 20 und einer erforderlichen Menge = 20 den [illegible] lus in die Höhe treiben, wenn man den Stiefel ganz dam[illegible] füllt werden läfst. Verschliefst man aber den Hahn, wen[illegible] Embolus 5 Räume durchlaufen hat, und läfst ihn dam[illegible] ausbreiten, bis der ganze Stiefel erfüllt ist, so ergiebt sic[illegible] gendes Verhältnifs der Räume und der Pressungen am En[illegible] vom Embolus' durchlaufenen ganzen Raumes.

Räume		Pressungen	Räume		Press[illegible]
0,05	—	1,000	0,55	—	0,[illegible]
0,10	—	1,000	0,60	—	0,4[illegible]
0,15	—	1,000	0,65	—	0,3[illegible]
0,20	—	1,000	0,70	—	0,3[illegible]
0,25	—	1,000	0,75	—	0,3[illegible]
0,30	—	0,830	0,80	—	0,3[illegible]
0,35	—	0,719	0,85	—	0,2[illegible]
0,40	—	0,625	0,90	—	0,2[illegible]
0,45	—	0,556	0,95	—	0,2[illegible]
0,50	—	0,500	1,00	—	0,2[illegible]

Indem also der Embolus den ganzen Raum des Stiefels [illegible] die zwanzig Abtheilungen durchläuft, erhält er durch [illegible] Dampf im Ganzen 11,573 Pressungen. Hätte man den St[illegible] ganz erfüllen lassen, so würde die Summe der Pressungen = [illegible] seyn, mithin leistet die Maschine im Ganzen einen Effect [illegible] 11,573 : 20, allein dafür sind auch nur 5 Räume, also 0,2[illegible] Ganzen mit Dampf von der ursprünglichen Elasticität erfüll[illegible]

1 Mecan. indust. II. 369.

sen, und während nur der vierte Theil des Dampfes consu- t wird, erhält man mehr als die doppelte Wirkung. Es t aus dieser Darstellung hervor, dafs der Gewinn an Nutzef- um so gröfser ist, je weniger Dampf von gegebener Expan- man in den Stiefel treten, oder je mehr man denselben sich andiren läfst. Nach STUART [1] gehören unter gleicher Vor- setzung folgende erfüllte Räume des Stiefels und Effecte ein er zu

Räume		Effecte	Räume		Effecte
1	—	1,0	$\frac{1}{5}$	—	2,6
$\frac{1}{2}$	—	1,7	$\frac{1}{6}$	—	2,8
$\frac{1}{3}$	—	2,1	$\frac{1}{7}$	—	3,0
$\frac{1}{4}$	—	2,4	$\frac{1}{8}$	—	3,2

Indefs bemerkt CHRISTIAN, dafs es schwer sey, aus der orie scharfe Folgerungen für die Praxis zu entlehnen, STU- aber, dafs der Erfahrung nach über eine vierfache Ausdeh- g des Dampfes keine bedeutende Pressung desselben mehr finde [2]. WATT ersann diese Verbesserung der Maschinen 1769, und erhielt über dieselben, *Expansion Engine* annt, ein Patent, welches 1775 erneuert wurde. Die erste fse Maschine dieser Art erbauete er 1774, aber seit 1778 rden sie sehr allgemein. Eine solche Maschine ist die in der *Union* von CORNWALLIS, deren Stiefel 63 Z. Durchmes- hat. Das jederzeit in der Pumpe befindliche Wasser wog 00 ℔ und mit dieser Last macht der Embolus 6,5 Hub beim eigen und eben so viel beim Niedersteigen, so dafs diesel- 00,75 F. in einer Minute gehoben wird. Für 1 F. hoch in r Minute zu heben giebt dieses 8261500 ℔ und ersetzt also Berechnung nach eine Kraft von 250 Pferden [3]. Eigent- e solche *Watt'sche Expansionsmaschinen* mit hoher Pres- g verfertigte unter andern der Amerikaner OLIVER EVANS, cher später in seinem Vaterlande eine ausgedehnte Werkstatt

1 a. a. O. p. 126. Eine andere allgemeine Berechnung von PRECHTL t man in Jahrb. d. polyt. I. I. 128.

2 Marestier a. a. O. p. 224. giebt eine umfassende Berechnung Wirkungen dieser Maschinen zunächst in Beziehung auf die von s verfertigten. WATT's anfängliche Theorie giebt ROBISON II. 128.

3 Partington a. a. O. p. 31. S. unten: *Effect der Dampfmaschinen*.

solcher Maschinen anlegte [1]. Mit einiger Abänderung
sie aber einige Zeit nachher, nach einem früheren Vor
des oben genannten Dr. Falk, später durch Hornblowe
zweistiefelige verwandelt, indem er den Dampf aus den
Stiefel vor der Condensation in einen zweiten gröfserer
und ihn erst dann condensirt werden liefs, nachdem er
diesem expandirt hatte [2].

Mit noch mehr Erfolg und in gröfserer Ausdehnung
Arthur Woolfe seit 1804 das Princip der Expansion
Dampfmaschinen an [3]. Er hatte nämlich aufgefunden
Dampf von einer gröfseren Elasticität als die der Atn
sich so viel mal ausdehnen konnte, als seine Elasticität i
den die der Atmosphäre übertraf, und doch noch d
das Gleichgewicht hielt. War z. B. der Dampf so erhit
er mit einem Gewichte von 3 ℔ auf einen Quadratzo
das Sicherheitsventil drückte, so konnte er sich von 1
in drei ausdehnen, drückte er mit 4 ℔ Kraft geg
Quadratzoll, welches ohngefähr bei 220°,5 F. 83°,78
Fall war, so konnte er sich zu 4 Kub. F. ausdehnen,
atmosphärischen Luft noch das Gleichgewicht halten.
weiteren Versuchen nach geben 227°,5 F. = 86°,89
230° F. = 88° R. 6 ℔; 237°,5 F. = 91°,33 R. 9 ℔.
F. = 100°,91 R. 20 ℔ und 282° F. = 111,11 R. 40 ℔
gegen einen Quadratzoll [4]. Hiernach verfertigte er also
maschinen mit 2 Cylindern, wovon der zweite in ge
Verhältnisse gröfser war als der erste. Hielt z. B. d
drei Kub. F. Dampf von 4 ℔ Elasticität auf einen Qua
so mufste der zweite 12 Kub. F. halten. Indefs wurd

1 Manuel du Constructeur des Machines à Vapeur par
trad. par Doolittle. Par. 1821. 8.

2 Repertory of Arts. Lond. IV. 361. Short Statement o
and Watt, in Opposition to Hornblower's Renewal of Pate
1792. 8.

3 Bibl. Brit. XXVIII. 271 ff. Phil. Mag. XIX. 133. X
XLVI. 43. Vergl. G. LV. 294.

4 Diese Angaben weichen von der oben gegebenen Ta
ab, und wurden, als zu ungenau, in der Anwendung nich
gefunden.

führung das Verhältnifs von 6 Kub. F. und 9 Kub. F. als vortheihafteste gefunden, und bei denen, die darüber hingingen, war der Erfolg zweifelhaft. Die Einrichtung war gens so wie die von HORNBLOWER [1], und da man über das hältnifs des gebrauchten Brennmaterials und des erhaltenen effectes dieser Maschinen mit den gewöhnlichen keine im sen angestellte vergleichende Versuche hat, so läfst sich er den Vortheil, den sie gewähren könnten, nicht bestimmt scheiden, jedoch erfordert die Anschaffung von zwei Cylinn mehr Kosten, das dampfdichte Schliefsen ist bei den mehn Röhren und zwei Stiefeln weniger leicht erreichbar, die ppelte Oberfläche zweier Cylinder ist schwieriger gegen Ablung zu sichern, und sie scheinen also hiernach den oben chriebenen einfachen Expansionsmaschinen nachzustehen. bachtungen führen indefs, wenn man die zu verschiedenen n vorkommenden Ungleichheiten abrechnet, allerdings zu Resultate, dafs durch Anwendung von zwei Cylindern mit nsion an Brennmaterial gewonnen wird, welches indefs eine Folge genauerer Arbeit oder des Vortheils der Exion überhaupt seyn kann. So fand man bei 8 Condensamaschinen, dafs mit einem Buschel Kohlen etwas über 20 . ℔ Wasser einen Fufs hoch gehoben wurden, nacher er man 32 Mill. ℔, die Woolfeschen Expansionsmaschinen hoben mit derselben Quantität von 44 bis 52 Mill. ℔ welm Allgemeinen aber nur für die Maschinen mit hohem und für die Expansionsmaschinen entscheidet [2]. Ueist der Bau der letzteren im Allgemeinen und auch der tiefligen nicht mit eingenthümlichen Schwierigkeiten nden. Es seyen, um dieses im Allgemeinen zu erläutern, beiden Stiefel A und B von der erforderlichen proportiona- Fig. 135.

[1] Nicholsons J. VIII. 262. Phil. Mag. XIX. 133.

[2] Stuart a. a. O. p. 170. Nach Marestier Mémoire sur les bax à vapeur des États unis d'Amerique Par. 1825. 4. p. 107. haben einfachen Expansionsmaschinen von EVANS allerdings einen Vorzug den doppelten von WOOLFE. Ausführliche und schätzbare Unterungen des Effectes der verschiedenen Maschinen nach den neuesten besserungen findet man in Rapport fait à l'Institut de France sur avantages, sur les inconvéniens et sur les dangers comparés des maes à vapeur cet. par Dupin. Par. 1823. 46. S. 8.

len Gröfse so mit einander durch zwei Röhren verbunden, der obere Theil des einen mit dem unteren des anderen municirt. Tritt alsdann der Dampf durch das Rohr z übe Embolus C, indem die Hähne a, b und c geöffnet, d, e aber verschlossen sind, so drückt derselbe den Embolus C indem er aus A entweicht, zugleich den Embolus D l unter welchem der gebrauchte Dampf durch das Ventil in den Condensator entweicht und niedergeschlagen wird. beide Emboli herabgegangen, so schliefsen sich die drei V a, b und c, es öffnen sich die drei andern d, e und f, un de Emboli werden gehoben.

Die meisten noch üblichen Dampfmaschinen sin doppeltwirkenden (*double reciprocating*) mit einf Drucke und Condensation von WATT und BOULTON, ur von denselben eine Uebersicht zu erhalten, möge folgend schreibung einer solchen vollständigen mit ihren wesentli Theilen dienen [1]. Bei B ist ein Theil der Dampfröhre, welche der Dampf zum Stiefel E gelangt, dessen Mantel, auswärts umgebender Cylinder die Zeichnung darstellt. mittelst einer Klappe wird demselben der Eingang in die Da büchse F F gestattet, in welcher halbcylindrischen Oefl vermittelst der Stange o o ein Schiebladenventil bewegt damit der Dampf durch die Röhren 21 und 22 abwechselnd und unter den Kolben gelangt. Die Kolbenstange G, wa somit auf- und abwärts steigt, setzt den einen Arm des Bal ciers H in Bewegung, dessen anderer Arm die Treibstang mittelst derselben die Kurbel N und durch diese das Schw rad W bewegt. Um die Kolbenstange G stets in vertic Richtung zu erhalten, während das Ende von H ein Bogens durchläuft, dienen die Stangen g, g und das Parallelogramm

Fig. 136.

---

1 Vergl. BERNOULLI Anfangsgründe d. Dampfmaschinenlehre. sel 1824. 8. p. 52. Aehnliche Beschreibungen finden sich in de wähnten Werken von PARTINGTON, ROBISON, J. SMITH Panoram Science and Art. Lond. 1828. 8. T. II. BORGNIS, CHRISTIAN, sehr führlich bis auf die einzelnen Theile, HERON DE VILLEFOSSE in Richesse Minérale. Par. 1819. 4. III. 50 ff. PRONY Neue Archite Hydraulica übers. v. LANGSDORF. 1801. 4. T. II. Beide Werke mit len Kupfern, letzteres zugleich die Theorie berücksichtigend.

Die Stange G selbst geht dampfdicht in der Stopfbüchse 23. Das Schiebladenventil in F, F eröffnet zugleich dem Dampfe, nachdem er den Embolus gehoben oder niedergedrückt hat, den Ausweg in den Condensator R R durch die Röhre Q. Letzterer ist ein geschlossener Raum, in welchen stets durch ein kaltes Wasser fliefst, dessen Menge durch den Hahn m regulirt wird, und um aus demselben sowohl dieses Wasser, als auch das aus dem Dampfe niedergeschlagene und die stets freigewordene Luft wegzuschaffen, dient die Pumpe S, deren Embolus durch die am Parallelogramm des Balanciers festsizende Stange I bewegt wird. Das hierdurch gehobene warme Wasser gelangt in einen Behälter, in welchem eine zweite Pumpe, die Warmwasserpumpe V steht, eine gewöhnliche Druckpumpe, durch welche das verdampfte Wasser dem Kessel wieder zugeführt wird, und deren Embolus die gleichfalls am Balanciere befestigte Stange K in Bewegung setzt. Das erforderliche kalte Wasser wird durch die Kaltwasserpumpe U vermittelst der am andern Ende des Balancier's befestigten Stange L aus einem Brunnen gehoben, oder bei einer blofs zum Wasserheben bestimmten Maschine auch wohl von dem auf diese Weise geförderten Wasser genommen, gelangt durch die Röhre u u in die Cisterne P, und hieraus in erforderlicher Menge durch Regulirung des Hahns m vermittest der Stange n in den Condensator. Am Schwungrade selbst befindet sich die excentrische Scheibe s, durch welche das Gestänge t, t seine Bewegung erhält, vermittelst dessen der Winkelhebel r, hierdurch die Stange o o in Bewegung gesetzt, und durch diese das Schiebladenventil abwechselnd geöffnet und geschlossen wird. Concentrisch mit dem Schwungrade läuft das gezahnte Rad p, dessen Zähne in das Getriebe q q greifen, und dadurch die Spindel des Moderators oder konischen Pendels P herumtreiben, dessen Pendelarme den Mechanismus in Bewegung setzen, welcher die Dampfklappe v mehr oder weniger öffnet, und hierdurch die Geschwindigkeit des Ganges der Maschine regulirt. Als Nebentheile sind anzusehen eine durch einen Hahn verschlossene Öffnung bei 24, durch welche frisches Oel, den Embolus zu schmieren, in den Stiefel gelassen wird, und die Barometerröhre bei i, welche die Elasticität des Dampfes über den atmosphärischen Druck anzeigt. An der Axe des Schwungrades be-

finden sich dann die Vorrichtungen, welche dazu dienen zur Maschinerie erforderlichen Theile gehörig in Beweg setzen und zu erhalten, und deren Zahl oft ungemein gr insbesondere wenn die Maschine in einer grofsen Fabrik einer Brauerei, einer Mühle, oder sonst alle einzelnen Th bewegen bestimmt ist. Nebenbei sind die Maschinen n sehr schön gearbeitet, fein polirt und mit vielerlei Zie versehen, stehen auf einem Boden von polirten Steine werden durch den Wärter (*engine man*) von allem und Schmutze sorgfältig rein gehalten, welches in so fe nützlich ist, als zugleich die wesentlichen Theile der M sorgfältig beachtet und etwa nöthige Reparaturen sogleic aufgefunden werden.

Aufser dieser nach englischer Methode gebaueten M möge hier noch die Beschreibung derjenigen Platz finde für Albert und Martin 1809 den durch die *Société d'*. *ragement* festgesetzten Preis von 6000 fr. erhielten, w Bedingungen waren, dafs die Maschine 1000000 Kilog Stunden zu 1^{m} Höhe heben sollte, mit einem Aufwan 7,5 fr. der Unterhaltung einschliefslich der Capitalzins Anschaffung und Abnutzung. Sie zeichnet sich sehr aus ihren sinnreichen und compendiösen Bau [1]. Der Sied ist ganz getrennt vom Condensator und der Luftpump kann leichter reparirt werden, da alle Theile frei liegen zuerst eine Seitenansicht der wichtigsten Theile in ihrer Z mensetzung zu geben, ist B ein Behälter mit kaltem Was mit heifsem, aus der Verdichtung des Dampfes gebildet ist das Rohr, welches das zum Einspritzen erforderlich ser herbeiführt, verschliefsbar durch den Hahn E, Schlüssel durch die Stange F F verlängert ist, oben mit Kurbelstücke, und einer eisernen Stange, welche mit andern Ende vermittelst eines Scharnieres an dem Arm um den Stützpunct G drehbaren Hebels befestigt ist, w die Quantität des Einspritzewassers regulirt wird. H He des Schiebventils, welches den Dampf abwechselnd üb unter den Embolus oder in den Condensator treten läl

Fig. 137.

1 Aus Borgnis Traité de Méc. Comp. des Mach. p. 110.

ndensator, K Ableitungsrohr für das Wasser in den Cylinm, wenn die Maschine in Gang kommen soll, L Evacuaurventil, welches der Luft den Zutritt versperrt, M Schiebtil, die Oeffnung zu vergröſsern oder zu vermindern, durch lche der Dampf in den Condensator tritt, N der Moderator r Gouverneur, dessen rotirende Bewegung durch eine Schnur ne Ende, welche um die Rolle P, die Rolle O, welche die irende Bewegung hervorbringt, und die durch ein mit actirten Linien angedeutetes Gewicht niedergehaltene Rolle Q t, wodurch das Seil stets in gleichmäſsiger Spannung bleibt. rch den Moderator wird der Hebelarm R bewegt, und hierrch das Ventil M, wonach also die Menge des zugelassenen npfes gröſser oder geringer ist. S ist die Condensationspe, welche mit dem Condensator in Verbindung stehend, t und Wasser aus demselben in das Gefäſs C führt; T kleine serpumpe, um schon erwärmtes Wasser dem Siedekessel führen; U U eine Zwinge aus zwei doppelten Streifen bend, zwischen denen sich zwei runde eiserne Stangen been, welche drei durchbrochene und so eingerichtete Halske tragen, daſs sie zwischen den Streifen auf und nieder hoben werden können, sich aber vermittelst eines Schlüsanziehen lassen, wenn das Spiel der Maschine beginnt. V ler Hebelarm, dessen Länge den zwischenangebrachten Hetücken auf eine solche Weise proportional ist, daſs die Kolstange sich lothrecht bewegt. Letztere bewegt dann zu die Wasserpumpe T, die Luftpumpe S, deren Stange ittelst der vorstehenden Stücke a a zugleich das Dampfpil regiert, und auf eine ähnliche Weise als den Hebelarm V n denjenigen Hebelarm, durch welchen das Schwungrad in egung gesetzt wird.

In der Durchschnittszeichnung des Stiefels zeigt A A den Fig. 138. ren Raum desselben, B B einen mit ihm zusammenhänten Dampfcanal, C den Deckel, welcher bei T hohl ist, dem Dampfe den Zutritt über den Embolus zu verstatten. Stopfbüchse ist für sich klar; bei D aber wird ein Schlüsmit einem Getriebe O eingebracht, welches in die gezahnte ibe N eingreift, und vermittelst Umschrauben derselben Platte M niederdrückt, und die Stopfung des Embolus dach zusammenpreſst. Der Schlüssel hat unten einen Stift,

um ihn festzuhalten, und dieser greift in eine Rippe der M. EE ist der Raum, in welchen der Dampf dringt, un wo aus er durch BB über und durch SS unter den Em gelangt; FF ein Behälter für den Dampf; H die Stange, che das Schiebventil vermittelst eines gezahnten Sector wegt; K eine Feder, um diese Stange gegen die konisch fenden Oeffnungen zu drücken, worin sie sich bewegt, dadurch zugleich das Entweichen des Dampfes zu hinde der Canal, welcher zum Condensator führt.

Fig. 189. Eine noch deutlichere Ansicht gewährt ein unterer S des Stiefels mit einigen zugehörigen Theilen in der Gegen Ventils. Hier ist A der Stiefel; I der Canal, durch we der Dampf über den Embolus gelangt; G G Basis des S ventiles; S, T Oeffnungen, durch welche der Dampf übe unter den Kolben gelangt; U Canal, welcher zum Conde führt; v, v, v, v vier geneigte Ebenen, welche dazu d das Ventil aufzuheben, wenn die Luft weggeschafft un Maschine in Gang gesetzt werden soll; L Luftpumpe; z S der Luftpumpe und a einer der Arme, welcher dazu dient Ventil vermittelst jener Stange in Bewegung zu setzen; b densator. Die Zeichnungen stellen die Maschine in dem A blicke dar, wenn der Dampf durch T über den Embolus st und diesen niederdrückt, zugleich aber durch S unter de ben weg in den Condensator dringt.

Soll die Maschine in Gang gebracht werden, so d man auf die Handhabe des Hebels H, welcher das Schieb in Bewegung setzt, um es auf die vier geneigten Ebenen v, steigen zu machen, wodurch alle Zugänge dem Dampfe stehen, die Zähne des Triebwerkes sind verlängert und hin lich tief ausgearbeitet, so dafs das Ventil genug gehoben den kann. Sind die Räume mit Dampf erfüllt, so legt das Ventil wieder auf seine Stelle, und läfst das Spiel de schine beginnen.

Die Dimensionen dieser Maschine, welche ohngefäh der Kraft eines Pferdes der Aufgabe nach seyn sollte [1],

---

1 S. die unten folgende Art dieser Berechnung unter *Eff Dampfmaschinen.* Ihre wirkliche Leistung stimmt nach den

e: Durchmesser des Kolbens 0m,21 (7 Z. 10 L.), durch-
r Raum desselben = 0m,43 (16 Z.), Inhalt des Kessels
Litres (20 Kub. F.), Menge des enthaltenen Wassers
res (17 Kub. F.), dem Feuer ausgesetzte Fläche = 2m,75
ad. F.), Oberfläche des Wassers im Kessel = 1m,27
ad. F.). Sie hob in 12 Stunden 913776 Kilogr. Was-
1m Höhe mit einem Verbrauche von 144 Kilogr. Stein-
von Valenciennes.

nreich ausgedacht ist ferner die durch PERRIER vorge-
e Maschine, welche dazu dienen soll, überall in Werk-
aufgestellt zu werden, weswegen sie in jeder, auch nur
Dimension ausführbar und tragbar seyn mufs [1].

r Cylinder A liegt horizontal über dem Gefäfse mit kal- Fig. 140.
sser B, aus welchem das zur Condensirung und zur
g des Kessels erforderliche Wasser genommen wird. Die
ler Kolbenstangen c, c bewegen durch Hebelstangen die
der Schwungräder, zugleich aber sind an ihnen die
t und m' r' befestigt, welche über das Bogenstück p ge-
diesem, und hiermit zugleich den Enden des Balanciers
e Bewegung mittheilen, deren ersteres durch die Stange
uerung der Hähnen bewirkt, letzteres durch h den Kol-
: Condensationspumpe e bewegt, beide Stangen sind
pelten Ketten über den Bogenstücken der Enden des Ba-
befestigt, oder könnten auch durch ein gezahntes En-
ittelst eines Getriebes nach einer schicklichen Einrich-
hoben und niedergedrückt werden. Bei d d befindet
: Condensator, und die sonstige Einrichtung ist wie bei
ppelt wirkenden Dampfmaschinen. Uebrigens hatte
MEATON vorgeschlagen, die Dampfmaschinen tragbar zu
und zur Austrocknung der Sümpfe zu benutzen [2].

e besondere Erwähnung verdient ohne Zweifel die von
IGHT vorgeschlagene Maschine [3] wegen ihres sinnrei-

---

zen hiermit nahe überein, ist aber noch etwas gröfser, als er
n seyn mufste.

orgnis Traité complet de Mécanique appliquée aux Arts. Ma
draüliques Par. 1819. 4. p. 292.

meaton Reports. Lond. 1797. 4. Partington a. a. O. p. 35.
'hil. Mag. I. 1. Repert. of Arts. X. 1. Stuart 155.

chen Baues und ihrer wahrscheinlichen leichten Anw
keit, indem sie ihrer ursprünglichen Bestimmung nach
stillirapparaten angebracht [1], und somit der ganze oder
stens der gröfste Theil des Brennmaterials erspart wer
Fig. 141. Der Stiefel a a mit dem Embolus b erhält den Dampf d
Rohr y, welches durch das Ventil r verschlossen wi
Embolus befindet sich aufser der eigentlichen Stange
eine andere, welche den im Cylinder c c beweglichen
d trägt. Durch das Rohr g steht der Cylinder mit d
densator in Verbindung, welcher aus dem im kalten
stehenden hohlen Cylinder f f besteht. Vom Boden de
ders c c geht eine Röhre l m in das Gefäfs n, worin
Schwimmer o, und an diesem das in die freie Luft au
Ventil p befindet, aufser welchem noch eins bei i, de
eins bei k im Embolus b angebracht ist. So wie die
darstellt, befindet sich der Embolus b im herabgehende
gang, erzeugt durch den Dampf im Cylinder a a, u
auch der Embolus d herabsteigend. Hat der erstere
sten Punct erreicht, so öffnet sich das Ventil k, d
kommt mit dem Condensator in Verbindung, während
das Ventil r niedergedrückt wird, und dem Dampfe
neren Zutritt abschneidet, so dafs durch die Wirk
Schwungrades der Embolus b in dem Cylinder c c ohne
stand in die Höhe gehoben werden kann. Zugleich erl
der Embolus d, das Klappenventil i öffnet sich, der
sirte Spiritus dringt durch das Rohr e in den Cylinder
der Embolus b das Ventil k schliefst, und das Ventil
öffnet, so dafs der Dampf aufs Neue über denselben
und denselben niederdrückt. Indem aber der Embol
gleich mit niedergeht, drückt er den durch das Venti
schlossenen Spiritus durch das Rohr m in das Gefä
durch das Rohr q wieder in den Kessel, oder an den O
Bestimmung. Sammelt sich aber zu viele Luft im G
so sinkt der Schwimmer o, und sie entweicht durch d
p. Die Art, wie durch die Arme u u, v v, w w und

---

1 Dieser nämliche Vorschlag ist neuerdings wiederholt
CVIII. 393.

erxx die rotirende Bewegung hervorgebracht wurde, gehört ter die sinnreichsten mechanischen Erfindungen.

Die erste Maschine mit *hohem Drucke* (*high pressure gine*) hat Leupold [1] angegeben, und sie ist so einfach, dafs einer kurzen Erwähnung nicht unwerth scheint. Zwei Stie- r und s sind auf dem Gerüste über dem Kessel angebracht, welchem ein einziges Rohr beide zu füllen dient. Ein dopt durchbohrter Hahn k wird allezeit um einen Quadranten gedrehet, und führt dann den Dampf unter den einen Embo- c, während er unter dem andern d in die freie Luft entcht. Jeder Embolus treibt eine hesondere Stange, und setzt zugehörigen Hebelarm in Bewegung. Ganz eigentlich aushrt wurden die Maschinen mit hohem Drucke aber vorzügseit 1802 durch Vivian und Trevitthick, hauptsächlich den Vorschlag zu realisiren, welchen Robison schon 1759 ian hatte, nämlich Wagen durch Dampfmaschinen zu bewe-. Obgleich daher das Princip ihrer Dampfmaschinen nicht ntlich neu genannt werden kann, so berechtigt sie doch die ckmäfsige Anordnung und die Schönheit aller einzelnen ile, eine neue Epoche in der Geschichte dieser wichtigen indungen zu bezeichnen [2]. Ueberdem ist der Bau ihrer Mainen im höchtsen Grade einfach, und die Zeichnung giebt e genügende Vorstellung derselben. Es ist nämlich a der im opfkessel selbst stehende Stiefel, b der Embolus, c das Dampfr, welches den Dampf nach der Stellung des Hahns abwechnd über oder unter den Embolus leitet, je nachdem die Röhre er d geöffnet oder geschlossen ist, und durch f f entweicht Dampf, nachdem er seine Wirkung geleistet hat, in den ain, der Hahn k endlich wird durch eine, an der Kolbenge x angebrachte Stange geöffnet und geschlossen. Das Angen eines Schwungrades, einer Barometerröhre mit Queck-er, um die Elasticität des Dampfes zu messen, eines Sicherisventils und noch obendrein die Vorsicht, ein Stück eines htflüssigen Metalles in den Kessel zu setzen, damit dieses

Fig. 142.

Fig. 143.

1 Theatr. Mach. II. Tab. 30.

2 Stuart a. a. O. p. 163. Partington a. a. O. p. 162. Millington a. O. p. 380.

bei zu grofser Hitze schmelzt und das Wasser auslaufen läfst,
wurden bei dieser Maschine gleichfalls in Anwendung gebracht.
Eine Maschine dieser Art in South Wales hatte einen Cylinder
von 8 Z. Durchmesser, dessen Embolus 4 F. durchlief. Sie
trieb eine Pumpe von 18,5 Z. Durchmesser, deren Embolus
gleichfalls 4 F. Hebung hatte, das Wasser wurde 28 F. geho-
ben, und die Maschine machte 18 Hübe in einer Minute. Mit
80 ℔. Kohlen in einer Stunde hob also die Maschine 15875160 ℔.
Wasser einen Fufs hoch [1]. Genaue vergleichende Versuche
diesen und den Condensationsmaschinen sind indefs noch nic
angestellt, ohngefähr aber soll nach Stuart bei gleichem Ve
brauche von Kohlen jene etwa 0,8 so viel leisten als diese
wobei jene indefs auch unter dieser Voraussetzung in dem g
ringen Raume, den sie einnimmt, und in der Anordnung, d
man ihre Wirkung nach Erfordern erhöhen oder vermind
kann, grofse Vorzüge darbietet.

Bei den Dampfmaschinen mit hohem Drucke geht also m
stens, wie man ersieht, eine Menge Kraft mit dem Entweic
des noch mindestens bis zur Siedehitze heifsen Dampfes ve
ren. Indefs hat unlängst Oliver Evans in *Philadelph*
Maschinen mit hohem Drucke gebauet, bei denen das aus de
Dampfe condensirte Wasser den Kessel wieder speiset [3], und
ist also hierin seinem neuerdings berühmt gewordenen Land
manne Perkins vorangegangen.

Am meisten Aufsehen in den neuesten Zeiten hat nämlich
die von Perkins erfundene Maschine erregt, deren Erfinder
mechanisches Genie schon früher unter andern durch sein
Piezometer [4] und später durch die Erfindung der *Dampfkan-*
nen bekannt geworden ist. Nachdem schon früher Verschiede-
nes über dasjenige, was er zu leisten verspreche, für und wi-
geredet war, erhielt er 1823 ein Patent, und zeigte dann
Modell, welches von vielen besehen und in seiner Wirksamk

1 Stuart p. 164.

2 Die Ursache des geringeren Effectes erklärt sich daraus, da
der Dampf siedendheifs entweicht, und somit die Wärme, welche ih
auf diese Hitze erhebt, ungenützt verloren wird.

3 Gill's Technical Repository. N. XXII. p. 249.

4 S. *Compressionsmaschine für Wasser.*

bachtet wurde [1]. Eine im Mechanic's Magazine Nro. 3 u. 6 gebene Zeichnung und Beschreibung [2] liegt bei denjenigen Grunde, was auf dem Continente darüber bekannt gewor- ist [3], doch sind aufserdem noch verschiedene einzelne Nach- ten mitgetheilt, und alle Beschreibungen stimmen in den ptsachen genau mit einander überein [4].

Statt des Dampfkessels hat diese Maschine den sogenannten Fig. 144. pferzeuger (*generator*) ABCD von Glockenspeise, dessen nde etwa 3 Z. dick sind, und welcher ohngefähr 8 Gallonen ser fafst. Dieser steht lothrecht ganz vom Feuer umgeben em Ofen EEEE, welcher möglichst gegen die Ableitung der rme und ihren Verlust nach aufsen gesichert ist, und dessen ch aus dem nur angedeuteten Schornsteine G entweicht. Feuer wird angeblasen und lebhaft brennend erhalten durch Blasebalg H, welcher die Maschine treibt, und aus welchem Rohr IK zum Feuer führt. Auf solche Weise erhält das ser im Generator zwischen 300° bis 400° F. = 119,°11 bis °,5 R. Wärme [5], oder nach andern 162° bis 184° R. [6]. Die-

1 Lond. Journ. of Arts and Sc. Nro. XXV. p. 36. ebend. V. 201.

2 Stuart a. a. O. p. 205.

3 Ann. C. et Ph. XXII. 429. Bibl. univ. XXIII. 133. XXIV. 66. LXXV. 117. In der letzteren Darstellung ist einiges nicht ganz tig.

4 Eine, angeblich unter den Augen des Erfinders gemachte Zeich- befindet sich in Brewster's Edinb. Journ. of Sc. N. 1. mit Be- ung p. 146. Sie weicht in einigen nicht sehr wesentlichen n von der hier mitgetheilten ab, indefs sind die Abweichungen beabsichtigten Zwecke weit weniger angemessen, als in der hier theilten. Sie ist ursprünglich entlehnt aus London J. of Arts and 824. 1. Daraus in Bibl. Univ. XXV. 182. woraus sie Brewster ge- men hat.

5 Diese Angabe ist von Stuart p. 204. Nach der oben mitgetheil- Tabelle gehören hierzu 4,3 und 15 Atmosphären der Elasticität des pfes.

6 Edinb. Phil. Journ. a. a. O. und G. a. a. O. Diesen lezteren peraturen gehören nach G. G. Schmidt bei G. LXXV. 345. die Ela- täten von 30 und 73 Atmosphären zu, die Tabelle aber giebt hier- nur 14,2 und 23,3 Atmosphären. Dafs aber die Schmidtsche For- nit andern sehr genauen Versuchen, namentlich den Arzbergerschen t übereinstimme, ist oben im Art. *Dampf* gezeigt. Indefs beweiset

se Angaben sind indefs zu geringe, und müssen nach der oben mitgetheilten Tabelle für die Elasticitäten des Wasserdampfes auf 205° R. oder 494° F. erhöhet werden, wenn die Berechnung des Effects der Maschine richtig ist. Im Deckel des Dampferzeugers befinden sich 4 Röhren, deren eine 888 als Sicherheitsventil dient. Sie ist nämlich in der Gegend des sie umgebenden Kastens a b so dünn, dafs sie hier nur den vierten Theil des Druckes auszuhalten vermag, wofür die übrigen Theile der Maschine berechnet und gearbeitet sind, wo sie bei Ueberladung der Ventile, ohne Nachtheil der Umstehenden, wie ein Stück Papier zerreifst; zugleich führt diese Röhre zu dem eigenen Mechanismus bei v v, welcher darin besteht, dafs der gehobene Zeiger f am Zifferblatte die Zahl der Atmosphären anzeigt, welchen die Spannung des Dampfes gleich kommt. Die zweite Röhre m 555 ist bestimmt, das überflüssige Wasser, wenn der Dampfbereiter überfüllt seyn sollte, oder die zu heifsen Dämpfe abzuleiten, ohne sie zu verlieren, und dient also gleichfalls als ein Sicherheitsventil. An der Stange u befindet sich nämlich ein stählernes Ventil, welches durch einen Druck von 37 Atmosphären niedergedrückt, aber durch die Gewalt des aus-

---

dieses nichts gegen die Richtigkeit der durch Perkins angestellten Versuche und gegen die Anwendbarkeit seiner Maschine. Einmal weichen nämlich die Angaben der Temperaturen so sehr von einander ab, dafs sie schon deswegen kein Zutrauen verdienen, anderntheils hat Perkins die Temperaturen überall nicht directe gemessen, sondern nur nach Gutdünken angegeben, oder vielmehr nach falschen Grundlagen aus den Elasticitäten berechnet, endlich aber ist es unmöglich, dafs bei der Art der Heizung die Temperatur des Wassers nicht hätte über selbst 184° R. steigen sollen. Ich habe wiederholt die Hitze des Papinischen Digestors so weit getrieben, dafs der unter dem Deckel befindliche Hanf verkohlt war, welches unter dem Schmelzpuncte des Bleies nach Biot = 224° R. nach Prechtl in Jahrb. d. Pol. Inst. I. 200 unter 257° R. nicht geschehen kann, und dann lagen unter dem Topfe nur wenige Kohlen, statt dafs der Generator ganz vom Feuer umgeben ist. Kann der Dampf einmal gar nicht entweichen, so steigt die Hitze leicht zu hohen Graden. Weit wahrscheinlicher ist es aber, dafs Perkins die Elasticität des Dampfes nach den Gewichten, womit seine Ventile beschwert waren, richtig gemessen, als dafs er diese unrichtig bestimmt, die Hitze des Wassers im Generator aber richtig thermometrisch gefunden haben sollte, wozu obendrein gar keine Vorrichtung bei seiner Maschine vorhanden ist.

ehnden Wassers oder der zu heifsen Dämpfe, wenn diese angegebenen Druck übersteigt, gehoben wird, so dafs sie den Behälter STVX entweichen können. In diesen gehen serdem die gebrauchten und bedeutend abgekühlten Dämpfe ück, und behalten nur eine Spannung von 5 Atmosphären. igt ihre Spannung höher, so heben sie das Ventil der Röhre 77, und entweichen in das Reservoir Z, aus welchem (durch m in der Zeichnung nicht angegebenen Mechanismus) Was- in den Behälter getrieben werden kann.

Als ein Hauptbestandtheil der Maschine ist die Compres- ıspumpe L anzusehen, welche durch den Hebel M bewegt d, das Wasser aus dem Behälter STVX durch das Rohr 66 einzieht, und mit einer Kraft von 36 Atmosphären durch Rohr 4444 in den Dampferzeuger drückt, so dafs der Ab- g hierdurch stets wieder ersetzt wird. Das stark compri- te, durch die Hitze in Dampf von einer 35 Atmosphären ch kommenden Elasticität verwandelte Wasser öffnet dann Ventil w, und dringt durch das Rohr n 222 in die, zu fserer Deutlichkeit unten abgesondert gezeichnete Maschine, ı horizontal liegenden Stiefel PP bewegt der Embolus, und zt hierdurch vermittelst der Stange Q das Schwungrad R in wegung. Die Steuerung der Hähne, welche durch die Stange geschieht, wird durch das gezahnte Rad N am Schwungrade werkstelligt, welches in ein anderes O eingreift, und durch ses das Rad U bewegt, woran die Steuerungsstange T befestigt t. Die Bewegung des Embolus war bei den angestellten Ver- chen so schnell, dafs er 200 Züge in einer Minute machte. r Cylinder hielt nur 2 Z. Durchmesser und war 18 Z. lang, e Bewegung des Kolbens betrug 12 Z. Alle Theile der Ma- hine sind so stark, dafs sie einen Druck von 4000 ℔ gegen en engl. Quadratzoll aushalten, die Kraft aber, womit sie ar- itet, beträgt nur 500 ℔ gegen einen Quadratzoll, und rech- t man hiervon 70 ℔ für den Druck von 5 Atmosphären ab, lchen der Dampf nach seiner Wirkung noch behält, so blei- ı 430 ℔ als wirklich bewegende Kraft übrig. Eine solche schine soll so viel leisten, als eine Watt'sche für 10 Pferde, l dabei nur 1 Buschel Kohlen gebrauchen, wenn diese letztere uschel erfordert. Hierzu käme dann insbesondere noch der inge Raum, den die Maschine einnimmt, denn die vorgezeigte

bedeckte nur einen Raum von 8 F. Länge und 6 F. Breite,
nur 48 Quadratschuhe. Das Sicherheitsventil pleset den
Druck bis auf 1000 ℔ gegen einen Quadratzoll, also
Viertheil derjenigen Stärke steigt, welche die Theile der Maschi-
ne auszuhalten vermögen [1].

Dieses sind die, größtentheils von Augenzeugen der Wir-
kungen dieser Maschine mitgetheilten Angaben und Beschrei-
bungen. Es läßt sich kaum erwarten, daß sie nicht gut
beobachtet haben oder getäuscht seyn sollten, in welcher
sicht mir vorzüglich das Zeugniß des sachverständigen,
besonnenen und noch obendrein dem ehrwürdigen Watt
seinen Erfindungen mit leidenschaftlicher Vorliebe
Stuart's entscheidend scheint, welcher die Thatsache
keinen Zweifel stellt, zugleich aber die ganze Erfindung
übermäßig hoch anschlägt. Es heißt darüber in der Haupt-
sache [2]: „Perkins *habe im Wesentlichen keine bedeutende*
„*besserung der Dampfmaschine angegeben, indem seine*
„*zeigte in allen ihren Theilen mit der Watt'schen überein*
„*auch sey die Anwendung des Dampfes von prodigiöser*
„*sticität keine absolute Neuigkeit bei den Dampfmaschinen*
„*Aber die Methode der Heizung bei einem solchen Drucke,*
„*einfache und wirksame Weise, den Damf zu erzeugen*
„*festzuhalten, könne allerdings zu den wichtigsten Erfin-*
„*gen der Zeit gehören. Ob aber wirklich so viel an Brenn*
„*terial erspart werde, sey fraglich, doch sey es schon*
„*wichtig, auch nur den vierten Theil desselben zu ersp*
Das Princip, worauf die Entscheidung über den Vortheil,
diese Maschinen gewähren, beruhet, ist oben gewürdigt [3],
die Berechnung ihres Effectes wird unten noch einiges
kommen.

Endlich verdient auch noch diejenige Maschine, min-
stens des geschichtlichen Interesses wegen, erwähnt zu wer
welche der Graf Bucquoi nach einer sinnreichen Idee bloß
Holz zu *Rothhaus* ziemlich im Großen wirklich ausfüh

---

1 Die Maschinen werden fabrikmäßig gemacht bei Mr. Perkins
C. Nro 41. Waterlane, Fleet-Street. London.

2 Stuart a. a. O. p. 206.

3 S. *Dampf; latente Wärme desselben.*

, und sich somit also von der Möglichkeit ihrer Anwendung
rzeugte. Der Preis derselben belief sich auf nicht mehr als
Gulden, und es könnten daher allerdings Fälle eintreten,
es nützlich wäre, eine solche zu erbauen. Indem sie aber
e Selbssteuerung hat, und der Natur des Materials nach
t dauerhaft seyn kann, so wird sie auch schwerlich allge-
ner eingeführt werden. Eine weitere Beschreibung dersel-
würde indeſs aus diesem Grunde und auch deswegen nicht
ckmäſsig seyn, weil der Erfinder selbst gesteht, daſs sie
h einer bloſsen Beschreibung selbst mit Hülfe der davon ent-
fenenen Zeichnungen schwerlich genau ausgeführt werden
nte [1].

inzelne Theile der Dampfmaschinen.

Ohngeachtet des groſsen Umfanges, wozu dieser Artikel
its angewachsen ist, muſs doch der Vollständigkeit wegen
h eine kurze Beschreibung der einzelnen Theile und eine
abe der vorzüglichsten Bedingungen ihrer zweckmäſsigen
struction hinzugefügt werden [2].

1. Der *Heizapparat* erfordert eine vorzügliche Sorg-
, weil die Consumtion an Brennmaterial diese Maschine
ptsächlich kostbar macht. Es ist daher nothwendig den
apparat so einzurichten, daſs das Brennmaterial bei gehö-
Luftzuge leicht und vollständig verbrennt, die erzeugte
me dem Dampfkessel vortheilhaft mitgetheilt wird, und
zu viel heiſse Luft aus dem Schornstein entweicht. Man
t daher einen Rost an, um das Brennmaterial allgemein

1. Beschreibung und Zeichnungen finden sich im Hesperus 1812.
2. Vergl. G. XLIII. 102. Beschreibung einer Dampfmaschine u. s.
 m Gr. von Bucquoi. Prag. 1814. 8.
3. Vergl. im Allgemeinen Prony Neue Arch. Hydr. T. II. Borgnis
 é de Méc. appliquée aux Arts. Par. 1818. Compos. des Mach.
 de Villefosse de la Richesse minérale. Par. 1819. T. III. Ber-
 lli Anfangsgr. d. Dampfmaschinenlehre. p. 164. Partington a. a.
 Christian Traité de Mécanique industrielle. III Tom. Par. 1822 bis
 II. 86 ff. 309 ff. mit sehr schönen Kupfern, der Text weitläuftig.
 Freundschen Maschinen in Berlin sind nach allen Theilen beschrie-
 und durch zweckmäſsige Zeichnungen erläutert von Brömel bei G.
 II. 49.

mit der zuströmenden Luft in Berührung zu bringen, um
höhet den Schornstein, um hierdurch den Luftzug zu ver
ren, umgiebt ferner den Heerd mit schlecht wärmeleit
Substanzen, und läfst die durch das Feuer erhizte Luft
den Rauch von dem Heerde in einem Canale erst wieder
durch den Kessel und dann rund um denselben streichen
dem Kessel möglichst viel Wärme mitzutheilen, ehe sie au
Schornsteine entweichen. Das letztere Mittel, welches
Watt in Anwendung brachte, ist aber nur dann vorthe
wenn der Kessel grofs ist und die Canäle hinlänglich wei
können, um den erforderlichen Luftzug und das vollst
Verbrennen des Feuermaterials nicht zu hindern. Eine z
mäfsige, durch Mathiew Murray aus *Leeds* 1799 zuer
gegebene Einrichtung [1] ist das Register des Feuerheerd
Schieber, welcher von selbst herabsinkt und den frischen
zug, somit also auch das rasche Brennen des Feuers hi
wenn die Elasticität des Dampfes zu stark wird. Man
die Selbststeuerung dieses Registers durch verschiedene
unter andern durch einen Embolus in einem mit dem
verbundenen Stiefel, welcher durch die vermehrte Elast
des Dampfes gehoben wird, und den mit ihm verbun
Schieber sinken läfst. Bei Maschinen von niedriger Pre
kann zur Vermeidung der Reibung statt des Embolus ein b
Schwimmer in einer Röhre gewählt werden, welche im
herabgeht, und mit dem durch den Druck des Dampfes
benen Wasser gefüllt ist. Dafs man übrigens die allgemei
kannten Mittel einer vortheilhaften Heizung auch hierbe
wenden müsse, versteht sich wohl von selbst, auch hat
des vielen Rauches wegen fast allgemein die rauchverzehr
Apparate angebracht, welche schon von Watt vorgesch
wurden [2], durch Borgnis [3] u. a. aber ausführlich besch
sind. Im Allgemeinen besteht ihre Einrichtung darin,
man den Rauch wieder zu einer Feuerstelle leitet, wo de
verbrennt, durch Zuglöcher mehr frische Luft zuleitet

1 Stuart a. a. O. p. 159.
2 Repertory of Arts. IV. Journ. des Mines. An. X.
3 Traité de Méc. Compos. des Mach. p. 136.

Ein ganz eigener Vorschlag von W. Congreve aber ver- noch erwähnt zu werden. Er will nämlich gefunden ha- dafs rohe Kalksteine, den Kohlen beigemischt, die Heiz- derselben bedeutend vermehren [2], und indem man den- auf diese Weise gebrannt wieder erhält, könnte ein be- chtlicher Theil der Kosten erspart werden.

2. *Dampfkessel* werden meistens aus Eisen verfertigt, Schiffen aus Kupfer, weil dieses vom Seewasser weniger an- iffen wird, sonst aber sind sie zu kostbar. Man versuchte die schon seit den ältesten Zeiten bekannten hölzernen pfkessel anzuwenden, namentlich geschah dieses durch r und Brindley [3], Droz, Oreilly [4] u. a., allein sie sind wenig dauerhaft und selten dampfdicht. Brindley verfer- auch steinerne, worin das Wasser durch eiserne Röhren st wurde [5]. Am meisten werden sie aus Blechtafeln mit en Nägeln zusammengeniethet, und wählt man die Dicke afeln am Deckel gewöhnlich 2 bis 4 Lin. am Boden dage- bis 7 Lin. Ihre Form ist zwar willkürlich, indefs sind meistens oben gewölbt, an den Seiten und am Boden aber rts gebogen, und entweder inwendig durch eiserne Stan- zusammengehalten, oder man läfst diese weg, damit bei näfsiger Elasticität des Dampfes das Ausbiegen derselben tlöse verursacht, und vor der Gefahr warnt. Zum Kitte hen die Fugen nimmt man meistens 16 Th. Eisenfeile, 2 lmiak und 1 Th. Schwefel, welche fein gepulvert, trok- mengt und aufbewahrt vor dem Auftragen befeuchtet, dann aber bald erhärten [6]. Dieser Kitt ist indefs blofs hen Fugen anwendbar, welche nicht wieder geöffnet sollen. Für die übrigen Fugen bedient man sich locker nenen Hanfgarns, welches man in eine der Fuge ange- e Flechte zusammenwickelt, und mit einem Gemenge

Fig. 145.

1 Partington a. a. O. p. 183.
2 S. Prechtl in Jahrbücher des polyt. Inst. zu Wien. 1825. VI. 9 ff.
3 Rees Cyclop. Art. Steam Engine. Stuart a. a. O. p. 158.
4 Borgnis Traité de Méc. Comp. des Mach. p. 144.
5 Vergl. Nicholson's J. VIII. 169. G. XXIII. 91.
6 Partington a. a. O. p. 167.

von Leinölfirnifs, Bleiweifs und vielem Mennig überziel
nennt diesen schlechtweg Gaskitt [1]. Der Inhalt des
mufs im Mittel 30 bis 36 mal so grofs als der des Stie
dieser Raum etwa 0,6 mit Wasser erfüllt seyn. Die Gr
Kessels kommt in sofern sehr in Betrachtung, als er de
eine hinlängliche Berührungsfläche darbieten mufs, un
forderliche Menge Dampf zu erzeugen. Nach genauer
chen von PRECHTL [2] liefert eine Fläche von 5 Quadr
einer Secunde einen Kubikf. Dampf als Maximum, und
her in der Ausführung sicher zu gehen, soll man 20 Qu
annehmen [3]. Auf 1 Pferdeskraft rechnet man ferner i
0,5 Kub. F. Dampf, und man mufs daher die Zahl der
kräfte mit 10 multipliciren, um die Fläche zu finden,
der Kessel dem Feuer darbietet, welches also für eine l
von 10 Pferdeskräften 100, und von 20 Pferdeskrä
Quadratfufs dem Feuer ausgesetzte Fläche erforderte
vereinigt daher bei grofsen Maschinen mehrere Kessel,
der zu CORNWALLIS sogar 6, wovon stets 3 bis 4 g
werden, während man die andern reinigt. Viele Ke
von Gufseisen, und bestehen aus einem hohlen Cyli
zwei halbkugelförmigen Endstücken. WOOLF bedient si
eisernen cylindrischen Kessels mit 2 oder 3 Röhren,
fast parallel unter dem Kessel hinlaufend mit den Ob

Fig. 146.

---

1 Millington Grundrifs. p. 382.

2 G. LXXVI. 219.

3 S. ebend. Vergl. derselbe im Jahrb. des polyt. Inst. I. 12
se Gröfse aus den Versuchen von CLÉMENT in Uebereinstimmung
von DALTON gefolgert wird. Indefs ist diese Annahme wohl etwas
insbesondere wenn man berücksichtigt, dafs in der Fabrik zu
nur 5 Quad. F. auf 1 Pferdeskraft gerechnet werden. S. Bul
Soc. d'Enc. 1822.

4 Andere Angaben, welche fast sämmtlich gröfser sind
noulli Anfangsgr. d. Dampfmaschinenlehre p. 137. Die Oberf
Wassers im Kessel bestimmt MILLINGTON a. a. O. p. 313. für
dekr. zu 90 Quad. F. für 15 Pferdekr. zu 60 Q. F. und für 80
zu 360 Q. F. Nach diesen Grundsätzen bestreitet PRECHT
LXXVI. 227. die Möglichkeit des angegebenen Effectes der
schen Dampfmaschinen. Indefs fragt sich, welchen Einflufs d
duelle Bau des Dampferzeugers bei derselben, und die Art de
desselben haben.

fliegend überall vom Feuer bestrichen werden. Sie haben einem Ende einen fest eingekitteten Keil, am andern eine rgeschrobene Platte m m, welche abgenommen und somit die hren gereinigt werden können. Das Wasser wird in den Kesgeprefst, und die Einrichtung ist gewifs sehr vortheilhaft [1].

Sonst bestehen die von WOOLF gebrauchten Dampferzeuger :h aus 6 bis 8 Röhren, welche quer unter einem dicken ei- Fig. 147. nen Kessel liegend diesem den Dampf zuführen. Es ist dann lie Oeffnung, in welche das Wasser vermittelst einer Pumpe refst wird, B enthält das Sicherheitsventil, C ist das Loch n Hineinkriechen, um den Kessel zu reinigen (*Man-hole*) d D die Oeffnung, durch welche der Dampf zum Stiefel gegt. Diese Art wird vorzugsweise bei gröfseren Maschinen t hohem Drucke gebraucht [2]. HENSCHEL bemerkt gegen die Röhren, dafs sie durch den ungleichen Angriff des Feuers gleich ausgedehnt werden, und sich daher biegen, und schlägt her lothrecht herabgehende vor [3]. Allein jenes Argument ist cht von Bedeutung wenn man berücksichtigt, dafs das entltene Wasser die Wärme überall ziemlich gleichförmig verritet. Nach der neuesten amerikanischen Einrichtung besteht r Dampferzeuger aus einer einzigen, 100 F. langen, 0,5 Z. Durchmesser haltenden, zur Gestalt eines abgekürzten Kels von unten 20 Z. oben 10 Z. Durchmesser gewundenen Röh- in welche das Wasser oben hineinläuft, und während es rch ihre ganze Länge fliefst, sich in Dampf verwandelt. Der ebildete Dampf tritt dann aus dem unteren Ende der Röhre eine eigene Dampfkammer, und wird von hieraus benutzt, gewundene Röhre selbst ist in den Ofen eingemauert, und bt keine Gefahr beim Zerspringen, indem sie bei ihrer Dünne fs zerreifst, und das Wasser auslaufen läfst, wodurch das euer verlöfcht. Dennoch gewährt sie den Versuchen nach eine annung von 90 bis 100 ℔ und darüber gegen einen Quatzoll Fläche [4].

---

1 Phil. Mag. XIX. 133.

2 Partington a. a. O. p. 167. Phil. Mag. XVII. 40. ebend. XLVI. raus bei G. LIV. 147.

3 G. LXI. 408.

4 Nach der Beschreibung der Perkins'schen Dampfmaschinen in

Die Kessel setzen aus dem Wasser stets Pfannenste
die Flächen werden dadurch schlechtere Wärmeleiter, und
sen zuweilen gereinigt werden. Man verhütet dieses g
theils dadurch, dafs man beim Anfüllen derselben etwa
toffeln oder beim Malzen der Gerste gebildete Wurzelfase
hineinschüttet, welche sich in einen Schleim auflösen
das Ansetzen des Pfannensteins verhindern. Dennoch ha
Kessel eine Oeffnung (trou d'homme, *man-hole*
welche man zum Reinigen desselben steigt, doch soll
zuvor erst die Luft in demselben mit einem Blasebalge er
da sich oft eine explodirende Gasart (wahrscheinlich a
durch das Eisen zersetzten Wasser) oder Stickgas (dur
angewandten Kitt) in demselben erzeugt.

Indem das Wasser im Kessel stets vermindert wi
mufs es fortwährend durch neues ersetzt werden. Vo
Dingen ist daher erforderlich, die Wasserhöhe im Ke
kennen. Am einfachsten geschieht dieses durch die u
Fig. 133. tief herabgehenden Röhren c c welche auch seitwärts am
angebracht werden können, und nach dem Oeffnen der I
durch das Ausströmen von Wasser oder Dampf das Ma
und Minimum des Wasserstandes angeben. Andere Vor
können um so leichter übergangen werden, als sie n
Maschinen von niedrigem Drucke anwendbar sind, wo
durch die Art der Füllung ohnehin überflüssig werden.
Fig. 148. bringt nämlich im Kessel die beiden Schwimmer a a an, w
entweder aus hohlen kupfernen Behältern bestehen, od
Steinen, in welchem letzteren Falle sie durch ein Gegeng
balancirt sind. Sinkt das Wasser, so sinken auch die Sc
mer, drücken die Stange c c und damit zugleich den He
o herab, dessen Stange in dem hinlänglich hohen Roh
herabgeht, es hebt sich der andere Hebelarm d, wodur
Ventil e geöffnet wird, und das schon erwärmte Wass
dem Behälter g durch die Röhre f in den Kessel gelangt.
Fig. 149. einfacher würde folgende Vorrichtung seyn. Die Röh

Brewster's Edinb. Journ. of Sc. N. 1. p. 146. ist das Rohr, welc
Wasser dem Dampferzeuger wieder zuführt, verschiedenemale
Herd gewunden. Vielleicht ist die Darstellung nicht völlig gena
findet dabei die nämliche Einrichtung statt.

rt aus dem Behälter R in den Kessel. Bei d ist ein Hahn, .chen der Schwimmer s beim Herabsinken öffnet und da- ch dem Wasser den Zutritt in den Kessel verschafft, beim igen aber verschliefst. Für Maschinen von hohem Drucke l eigene Compressionspumpen erforderlich, welche gleich- i nach dem Wasserstande regulirt werden.

Der Sicherheit wegen wird jeder Kessel vorher probirt, in- man alle Oeffnungen desselben verschliefst, das Ventil mit 4 bis 10 fachen Gewichte belastet, womit es gewöhnlich stet werden soll, und dann so lange heizt, bis das Ventil eschlagen wird. Die Stärke des Dampfes wird dann nach rr vermittelst eines Manometers gemessen, welcher bei Ma- nen von geringem Drucke aus einer krummgebogenen glä- en oder eisernen Röhre bestehen kann, deren eines Ende a Fig. 150. irgend einem Theile des Dampfapparats verbunden wird, rend das andere b frei ist. Auf dem Quecksilber dieser re schwimmt der Schwimmer d mit der Stange e, deren e die Elasticität des Dampfes in Zollen der Quecksilberhöhe r dem atmosphärischen Drucke angiebt [1]. Bei Maschinen hohem Drucke wählt man die andere Art der Messung, lich eine Glasröhre in einem Gefäfse mit Quecksilber, wel i die in der Röhre befindliche Luft comprimirt, so dafs man dem Raume nach dem Mariotteschen Gesetze die Elasticität chnen kann. Dafs die Maschinen von niedrigem Drucke auf e Weise der Gefahr ausgesetzt sind, durch die übergrofse icität des Wasserdampfes zersprengt zu werden, geht aus mitgetheilten Beschreibung von selbst hervor, denn schon ch das eben angegebene Manometer würde der Dampf nach i Herauswerfen des Quecksilbers und des Schwimmers ent- chen, ehe die Elasticität desselben den doppelten Druck der osphäre erreichte. Indefs müssen dennoch bei allen Ma- nen, indem sie fast ausschliefslich unter obrigkeitlicher trole stehen, ein oder mehrere Sicherheitsventile (Soupa- de sûreté, *safety valves*) angebracht werden [2]. Sie ehen im Allgemeinen aus einer Klappe, welche eine Oeff- g von bestimmter Gröfse auf der Oberfläche des Kessels ver-

1 Partington a. a. O. p. 130.
2 Dupin Rapport. cet. sect. 2.

schliefst, und entweder durch ein aufgelegtes Gewicht, vermittelst eines Hebelarms mit der erforderlichen Kraft dergedrückt wird. Diese letztere Art (*steelyard valve* am gebräuchlichsten. Die Klappe a drückt gegen die Oeffn und wird selbst durch die Stange d niedergedrückt, w aber bei α in einem Scharniere leicht beweglich seyn mufs mit die flach ausgeschliffene Platte nicht schief zu liegen k und genau schliefst, das Gewicht c aber wird auf der S näher oder weiter gerückt, je nachdem die Elasticität des pfes stärker seyn soll, welcher, über die bestimmte Stärk ausgehend, das Ventil aufschlägt und entweicht. Weil Ventile indefs leicht durch aufgelegte gröfsere Gewichte laden werden können, so wählt man gern diejenigen, niemand, als der Besitzer der Maschine, oder eine so besonnene Person kommen kann. Sie bestehen gleichfal der Platte a, welche auf eine Oeffnung im Kessel aufge fen, und vermittelst der Stange c mit mehr oder wen Bleigewichten $\alpha\,\alpha$, $\alpha\,\alpha$.... beschwert ist. Ueber das ist die durchlöcherte Haube A B so geschroben, dafs si den erforderlichen Schlüssel nicht abgeschroben werden k Zu noch gröfserer Sicherheit hat man auch vorgeschlage nige Löcher im Boden des Kessels mit einem Metallge auszugiefsen, welches einige Grade über derjenigen schmilzt, die der Dampf erhalten soll, worauf dann da ser auslaufen und zugleich das Feuer auslöschen würde [2]; defs ist dieses letztere Hülfsmittel überflüssig, indem no Erfahrungen bewiesen haben, dafs die durch Zerplatz Dampfkessel herbeigeführten Unglücksfälle Folgen der u zeihlichsten Nachlässigkeit und Unbesonnenheit waren, daher den Maschinen selbst nicht zur Last fallen kön Nothwendig ist aber aufserdem ein nach Innen sich öff Ventil, welches der äufseren Luft den Zutritt in den verschafft, sobald die Heizung desselben aufhört, u Dampf im Innern niedergeschlagen wird [4].

Fig. 151.

Fig. 152.

---

1 Partington a. a. O. p. 140.

2 Angaben zu solchen Mischungen finden sich von Prechtl i d. polyt. Inst. I. 197.

3 Partington a. a. O. 121. C. Dupin Rapport sur les Mac vapeur. Par. 1823. 8. Marestier Mémoire cet. p. 105.

4 Partington. p. 143.

Edelkrantz [1] hat eine Vorrichtung angegeben, wodurch de Ventile vereinigt werden. Nach ihm besteht die Scheibe eben beschriebenen Sicherungsventils aus einem Stücke eines den Kessel geschliffenen Konus, besser aber ist es gewiſs, selbe flach zu machen, weil, wie er selbst sagt, solche chen sich leicht sehr genau auf einander schleifen lassen. ie Platte A ist mit vier Löchern β, β, β, β durchbohrt, und er derselben liegt eine andere, genau auf dieselbe geschliffs Platte α α, welche durch den Dampf und zugleich durch Feder δ angedrückt wird. Entsteht aber im Kessel ein leeRaum, so drückt die Luft die Scheibe α α nieder, und igt in den Kessel. Fig. 153.

Wie groſs das Gewicht seyn müsse, womit ein Ventil zu isten sey, ergiebt sich sehr einfach. Will man nämlich npf von der Siedehitze, oder von einfachem atmosphärim Drucke, so muſs die Scheibe gar nicht belastet werden. jeden höheren Druck, wenn man ihr eigenes Gewicht als edeutend vernachlässigt, läſst sich indeſs das erforderliche Regegewicht leicht finden, wenn man berücksichtigt, daſs Luft gegen die Fläche eines Par. Quadratzolles mit einer uft im Mittel von fast 15 ℔ Markgewicht drückt [2], also für en Zoll Quecksilberhöhe mit nahe 16 Lt. Ist also der cheninhalt der Oeffnung im Kessel = m Quadratzolle, und t die Elasticität des Dampfes über den atmosphärischen Druck Zolle Quecksilberhöhe betragen, so ist die Summe der aufegenden Gewichte = n m 16 Lt.

8. Der *Dampfcylinder* ist in der Regel von Guſseir, und Watt's Versuch, ihn der schlechteren Wärmeleitung gen von Holz zu machen [3], ist wohl später als Vorschlag derholt, aber nie auf die Dauer ausgeführt. Genaue Bohng, gleichmäſsige Weite und ebene Polirung sind Haupterdernisse desselben. Oben und unten ist ein starkes Deckelck angeschroben, und das untere dient zugleich, den Cylinr oder Stiefel möglichst fest auf dem Boden zu befestigen. n wesentliches Stück aber ist der Mantel, ein gröſserer Cy-

---

1 Aus Memoirs of the Soc. of Arts bei G. XXII. p. 124.

2 S. Th. I. p. 262.

3 Rees Cyclop. Art. Steam-Engine.

[illegible] welcher den Stiefel umgiebt, und um denselben stets heifs zu erhalten, ganz mit Dampf erfüllt ist, wo[illegible] demselben niedergeschlagene Wasser meistens durch [illegible] Boden desselben in den Kessel herabgehendes Rohr [illegible]ückläuft, welches bei der gleichen Elasticität der beiden Räumen nicht schwierig ist. Blofs bei klei[illegible]nen, wobei die Erschütterung nicht so stark ist, [illegible]iefel in oder auf den Dampfkessel gesetzt werden. [illegible]r *Embolus*, oder Dampfkolben würde dann zur [illegible]nheit gebracht seyn, wenn er bei möglichst geringem [illegible] ne[illegible]mpf verbeiliefse, allein dieses wird [illegible] ts er[illegible]t werden, und man mufs daher diesen [illegible] n Re[illegible]ng bringen, welcher bei Ma[illegible]rucke vorzüglich bedeutend ist, indem [illegible]n nur durch zu grofse Reibung ver[illegible] werden [illegible] Ehemals und auch noch jetzt bei Ma[illegible]n vo[illegible] niederem Drucke bestand der Embolus aus zwei [illegible]lsch[illegible] mit zwischenliegendem geflochtenen Hanfe, wel[illegible] getränkt und durch Schrauben zwischen den beiden Platten fest geprefst wurde. Gegenwärtig bedient man sich indefs weit häufiger der metallenen Linderung, wozu eine grofse Menge Vorschläge gemacht sind. Die ersten dieser Art wurden von Cartwright verfertigt, und bestanden statt des Hanfes aus drei in Sectoren von 120° zerschnittenen Kreisflächen, welche durch Federn von Innen nach Aufsen gedrückt wurden, und indem ihre Schnitte nicht über einander lagen, so schlossen sie überall an die Wände des Stiefels, und bei längerem Gebrauche stets dichter an [1]. Statt der Sectoren nimmt Browne Kreissegmente a a a von 120°, welche durch zwischenliegende Keile b b b und diese durch die Federn e e e aus einander getrieben werden [2]. Vor Kurzem hat Jessop vorgeschlagen, den Hanf des Embolus mit einem wie eine Drahtfeder schraubenförmig gewundenen Metallstreifen zu umgeben, welcher durch seine eigene Elasticität an die Wände des Cylinders angedrückt wird [3]. An dem Kolben befindet sich die Stange

Fig. 154.

---

1 Repertory XIV. 381. Nicholson J. II. 364. Ph. Mag. II. 221.
2 Evans a. a. O. p. 156.
3 Repertory 1822. Oct. Daraus in Dingler's Polyt. J. 1823. Sept.

:he dampfdicht durch eine im Deckel befindliche, mit Hanf
Fett gefüllte, Stopfbüchse geht; letztere aber kann etwas
eschroben werden, damit bei der Condensirung über dem
olus durch den äufsern Luftdruck etwas Fett zum Schmie-
des Embolus eindringt, oder es ist zu diesem Ende ein ei-
r Schmierhahn angebracht. Damit endlich die Stange des
olus sich stets in verticaler Richtung bewegt, dient das von
r erfundene Parallelogramm hh, dessen Wirkung aus der Fig.
: deutlich ist. 136.

5. Das *Dampfrohr* leitet den Dampf aus dem Kessel in
Stiefel. Indem aber die Bereitung des Dampfes vielfachen,
ı bestimmbaren, Bedingungen unterliegt, und somit ein
hmäfsiger Gang der Maschine nicht erreichbar ist, so er-
WATT[1] den *Moderator*, *Regulator* P (*conical pendu-* Fig.
; *governor*), zwei Kugeln $\alpha\ \alpha$, welche an einer um 136.
Axe laufenden Spindel befestigt sind, durch schnellere Be-
ng sich weiter von der Spindel entfernen, und dadurch
ben mit ihnen verbundenen Hebelarme herabziehen, durch
he dann ein im Dampfrohre befindlicher Hahn mehr ge-
ssen wird, so dafs weniger Dampf ausströmen kann. Man
päter diesen Regulator bei vielen Maschinen in Anwen-
; gebracht.

6. Ein wesentlicher Theil der Dampfmaschinen ist ferner
Steuerung. Hierzu gehören vor allen Dingen die Hahnen
verschiedenen Ventile. Von den ersteren mögen hier nur
wöhnlichen mit zwei Oeffnungen α, α erwähnt werden, Fig.
aus der Zeichnung selbst hervorgeht, wie das abwech- 155.
le Spiel derselben den Dampf über oder unter den Embo-
und nachher in den Condensator leitet. Beide können in
, den von LEUPOLD angegebenen mit 4 Oeffnungen Fig.
urway cock) vereinigt werden, dessen man sich meistens 142.
len Maschinen auf Dampfschiffen bedient, indem hierbei
ebrauchte Dampf in den Schornstein geleitet wird. Man
t es besser, um das ungleiche Abschleifen zu verhüten,
tets rundum, statt wieder rückwärts zu drehen, eine von
AH erfundene Vebesserung [2]. Für die Expansionsma-

---

[1] Stuart a. a. O. 183.

[2] Repertory of Arts. XV. Vergl. Millington a. a. O. p. 374.

schinen hat FREUND [1] noch einen Hahn (*Sparhahn*) angebra welcher den Zutritt des Dampfes abschneidet, wenn der En lus den erforderlichen Raum durchlaufen hat, und der D sich dann weiter im Stiefel expandiren soll. Unter den stigen Ventilen verdient noch das konische, durch ein gez tes Getriebe bewegte, und das Schiebventil (*Schiebladen Sliding valve*) als vorzüglich brauchbar eine nähere Be sichtigung, welche beide durch dampfdicht in Stopfbü gehende Stangen geöffnet und geschlossen werden können [2] Oeffnen und Schliefsen dieser Ventile geschieht durch gee Stangen, welche in der Regel an dem Balanciere der Masc angebracht sind, zum Theil auf diejenige Weise, welche i Figuren der verschiedenen Maschinen angedeutet ist.

Fig. 156. und 157.

7. *Condensatoren* sind kein unentbehrlicher The Dampfmaschinen, werden auch auf Schiffen und bei den sten mit hohem Drucke arbeitenden Maschinen nicht gebr und sind insbesondere bei den letzteren dann entbehrlich, der benutzte Dampf noch ferner z. B. zum Erwärmen von mern, Trockenstuben u. dgl. verwandt werden soll. I dieses in sofern vortheilhaft, als hierdurch diejenige Kra spart wird, welche sonst zur Bewegung der Condensations pe verwandt werden mufs, zugleich aber verliert man einen ganzen atmosphärischen Druck. Die ältere Art der densation vermittelst eingespritzten Wassers wird gegen bei neuen Maschinen nicht mehr angewandt, indem ma mehr den Stiefel möglichst warm zu erhalten sucht. Es daher genügen, nur einige Condensationsarten hier z wähnen.

Eine einfache Condensation findet schon dadurch wenn man den Dampf unter oder über dem Kolben dur tief genug herabgehendes Rohr in einen mit kaltem, stet der erneuertem Wasser umgebenen Behälter leitet, wori Dämpfe niedergeschlagen werden, und welcher dann zur sung des Kessels sowohl erwärmtes, als auch reines und k

---

1 G. LXVII. 49.

2 Ueber die zahlreichen Abänderungen dieser und anderer V ist nachzusehen BERNOULLI a. a. O. p. 175 ff. Ueber MURDOCK's S. Repertory of Arts. XIII.

nenstein absetzendes Wasser liefert. Einer solchen Condensirung bediente sich unter andern FREUND, indem er den Dampf durch ein viermal gebogenes, 48 F. langes, in einem mit kaltem Wasser gefüllten Behälter befindliches Rohr in ein Gefäfs leitete, aus welchem es wieder in den Kessel gepumpt wurde. Das Wasser in dem Behälter wurde durch eine eigene Pumpe stets erneuert, während das erwärmte oben abflofs. Dafs hierbei allezeit etwas Wasser verloren wird, und daher durch neues vermittelst eines geeigneten Mechanismus ersetzt werden mufs, liegt in der Natur der Sache, und ist es durchaus nicht schwierig, einen solchen erforderlichen Falls aufzufinden. Eine eigene sinnreiche Art der Condensirung ist die von CARTWRIGHT angegebene, welche aus der Zeichnung genugsam klar und oben näher beschrieben ist. Die gewöhnlichen Condensatoren der späteren WATT'schen Dampfmaschinen bestehen übrigens in der Hauptsache aus der Pumpe S, welche sowohl das Wasser als auch die etwa in den Stiefel gekommene Luft wegschafft, und deren Mechanismus oben beschrieben ist. Fig. 141. Fig. 136.

Zuweilen ist der Condensator nicht blofs von stets zufliessendem kalten Wasser umgeben, sondern es wird auch in das Condensationsrohr fortwährend kaltes Wasser eingespritzt, und durch die Condensationspumpe wieder abgeführt, was durch einen einfachen Mechanismus leicht erreichbar ist [1]. An den Condensatoren pflegt man eine Barometerprobe anzubringen, um aus dem Stande derselben, verglichen mit dem eines gewöhnlichen Barometers, den Grad der Condensirung, und also die Wirksamkeit der Maschine zu erkennen [2].

8. Der *Balancier* oder Baum (*beam*) wird in der Regel von Gufseisen gemacht, wobei aber vorzüglich auf eine geringere Sprödigkeit und Brüchigkeit desselben zu sehen ist. Als Probe schlägt man mit einem Hammer gegen eine Ecke desselben, und wenn diese einen Eindruck erhält, als wäre sie malleabel, so ist das Eisen gut, springen aber Splittern ab, so ist es hart und brüchig [3]. Die Form desselben wird zur

1 Eine solche zweckmäfsige Vorrichtung beschreibt Nicholson Journ. V. 147. G. XXIII. 85.

2 Partington a. a. O. 159.

3 Tredgold or cast Iron. p. 7.

Verhütung eines zu grofsen Gewichtes so gewählt, dafs er
der Mitte die doppelte Höhe als an den Enden hat, indem
zu gröfserer Stärke höher als breit seyn mufs, und aufser
kann man zur Verminderung seines Gewichtes ihn du
brochen verfertigen. Zur Berechnung seiner Dimensionen
nen die im Artikel Cohäsion gegebenen Formeln [1]. Bei ein
Maschinen fehlt der Balancier, indem eine Stange von
Kolbenstange herabgehend die Kurbel unmittelbar bewegt,
durch sie compendiöser und daher tragbar werden, wie u
andern bei den durch MAUDSLAY [2] verfertigten, worau
1807 ein Patent erhielt, bei denen des Bürgers LE DROZ,
che schon seit längerer Zeit in Frankreich und Deutschland
kannt sind [3], und bei der, worauf EGELL ein Patent erhie
Fig. 158. deren sinnreicher Mechanismus aus dem lothrecht gezeichn
Durchschnitte leicht erkannt wird, worin A der Stiefel, a
Kolbenstange und K K das unmittelbar bewegte Schwung
vorstellen.

Dafs die auf die Bewegung der Kurbel verwandte K
nicht stets in ihrem Maximo benutzt werde, sondern dieses
dann statt finde, wenn die Stange mit der Kurbel einen Wi
von 90 Graden bildet, ist einleuchtend [5]. Es ist daher
sinnreicher und allerdings weiter zu verfolgender Gedanke, d
HENSCHEL [6] die Kurbel, das Parallelogramm und selbst den
lancier entbehrlich machte, indem er die gezahnte Kolben
ge unmittelbar auf zwei gezahnte Räder wirken liefs, w
nach einer Seite hin durch Eingreifen in ein anderes ihnen
liegendes Rad dieses letztere umdreheten, nach der andern
ohne merkliche Reibung auf ihrer Axe ohne Wirkung her

1 S. *Cohäsion; relative Festigkeit.*

2 Beschrieben bei Borgnis a. a. O. p. 118. Schön gezeichnet
sie bei Partington Pl. VI, hat aber sonst nichts ausgezeichnet Ei
thümliches.

3 Bulletin des Sciences. An. V. daraus bei G. XVI. 356.

4 London Journ. of Arts and Sc. 1823. Nov. p. 232.

5 Eine gehaltreiche Abhandlung über die Wirkung der Kurbel
Dampfmaschinen von ARZBERGER findet man in Jahrb. d. Pol. Instit.
370.

6 G. LXI. 412.

ehet wurden, ein leicht auf verschiedene Weise einzurich-
er Mechanismus.

Am Balanciere brachte Watt noch einen eigenen Apparat den *Zähler* (*counter*), eine Vorrichtung, vermittelst her der Balancier bei jedem Niedergange einen Zahn weiter ebt, so dafs man nach einer gegebenen Zeit die Zahl der ungen wissen kann. Indem man nachher dieses Register dem Durchmesser des Kolbens und dem Raume vergleicht, hen er bei jeder Bewegung durchläuft, erhält man die samkeit der Maschine [1]. Man hat seitdem solche Zähler vielen Maschinen angebracht.

9. Das *Schwungrad* war eine vorzügliche Vervollmnung des Mechanismus der Dampfmaschinen, welche ihdurch Watt zu Theil wurde, und sie für alle möglichen n der Maschinerie brauchbar machte. Es wird durch die bel in Bewegung gesetzt, welche die halbe Länge des Kolmbes bei gleicharmigen Balancieren haben mufs, und ist stens von einem ganz aufserordentlichen Gewichte, bei den sen Maschinen an 20000 ℔ schwer, wird aus mehreren ken, namentlich der Ring, aus 6 Stücken von Eisen gen, und diese werden durch eiserne Schrauben vereinigt, Arbeit desselben mufs genau und gut seyn, weil sich ein t seines Randes oft mit mehr als 300 F. Geschwindigkeit er Sec. bewegt, und eben daher sind die Speichen an den n scharf zulaufend, um die Luft mit geringerem Widerde zu durchschneiden. Um das erforderliche Gewicht desen zu bestimmen [2] wird nach Murray und Wood die Zahl Pferde, deren Kraft durch die Maschine ersetzt werden l, mit 2000 multiplicirt und durch das Quadrat der Gewindigkeit seiner Peripherie dividirt. Es sey daher das Geht = P zu suchen, der Durchmesser = 18 F. mithin die pherie = 56 F. Bei 22 Umläufen in einer Minute durch-

---

1 Partington. a. a. O. p. 182.

2 Theoretische Untersuchungen und Berechnungen des Schwunges finden sich bei Borgnis Théorie de la Mécanique usuelle. Par. II. 4. p. 306.

läuft ein Punct desselben in 1 Sec. $\frac{1230}{60} = 20,5$ F. [illegible] ist für eine Maschine von 20 Pferden

$$P = \frac{20 \times 2000}{20,5..^{2}} = 90,4 \text{ Ctn.}^{1}.$$

Effect der Dampfmaschine [2].

Um die Wirkung einer Dampfmaschine zu bestimmen, bere[chnet] net man diese nach Pferdekräften, eine Bestimmungsart, wel[che] schon SAVERY [3] deswegen einführte, weil seine Maschinen [die] Arbeit der Pferde ersetzten, und welche man seitdem beibeh[al]ten hat. Wenn man die Wirkungen der Maschinen mit Pfer[de]kräften vergleicht, so liegen dabei in der Regel die von W[ATT] angenommenen Bestimmungen zum Grunde. Dieser nimmt [an,] daſs ein Pferd in 1 Sec. 180 ℔ zu einer Höhe von 3 F. zu he[ben] vermöge [4], welches 180×60×3=32400 ℔ in 1 Min. 1 F. [ge]hoben giebt, oder in runder Zahl 33000 ℔. Ist also das Gewi[cht] gegeben, welches in Pfunden ausgedrückt eine Dampfmasch[ine] in einer Minute einen Fuſs hoch hebt, so dividirt man di[ese] Zahl durch 33000, um die Zahl der Pferdekräfte zu finden, w[el]che die Maschine ersetzt, und diese Bestimmung darf man [als] allgemein angenommen betrachten, wenn von den Pferdekr[äf]ten einer Maschine ohne nähere anderweitige Bezeichnung [die] Rede ist. Diese Bestimmung ist indeſs viel zu groſs, inde[m] nur das stärkste Pferd eine solche Anstrengung auf kurze Z[eit] aushalten kann; WATT wählte indeſs diese Gröſse, damit [...]

1 Partington. p. 134.

2 Vergl. Christian Méc. ind. II. 345 ff. Hawkins in Bergmä[nni]sches Journal. 1793. St. VI. p. 459.

3 Stuart a. a. O. p. 44.

4 Sonst bewegt ein Pferd nach WATT auch 150 ℔. durch [...] engl. Meilen in einer Stunde, welches 33000 ℔. zu 1 F. hoch in 1 [Min.] giebt. S. Watt bei Robison a. a. O. II. 145. SMEATON, dessen pr[ak]tische Kenntnisse in diesen Sachen gewiſs von groſser Bedeutung wa[ren,] setzt die Kraft eines Pferdes nur zu 22916 ℔. für gleiche Zeit und [Hö]he. Eine Zusammenstellung mehrerer Angaben über die Kraft [der] Dampfmaschinen, nebst den Registern, welche über eine groſse Me[nge] englischer Dampfmaschinen geführt sind, finden sich bei G. LIII. 27[...]

n unvermeidlichen Ausfalle bei der Dampfmaschine das Gederte stets sicher geleistet würde. Genauer gerechnet kann n die Kraft eines Pferdes nur zu 22000 ℔ annehmen, und nit ist die gewöhnliche Berechnung um ein Drittheil zu ſs [1]. Auſserdem aber muſs zur richtigen Schätzung des teffects einer Dampfmaschine zugleich berücksichtigt wern, daſs ein Pferd im Mittel nur 8 Stunden in einem Tage artet, die Maschine aber 24 Stunden, mithin ersetzt eine Maine von 20 Pferdeskräften in der Wirklichkeit 60 Pferde, s man auch zu rechnen pflegt, wenn angegeben wird, wie le Pferde durch die Maschinen ersetzt werden [2].

Zu einer genauen Berechnung des Effectes einer Dampfmaine würde bloſs erforderlich seyn, den Druck zu kennen, lchen der Dampf von gegebener Temperatur gegen die Fläche Embolus ausübt, um ihn mit einer gewissen Geschwindigt zu bewegen, welches bei der jetzigen genaueren Kenntniſs Elasticität des Dampfes keinen sehr groſsen Schwierigkeiten erworfen ist [3]. Wenn man aber berücksichtigt, daſs kein lben absolut dicht schlieſst, mithin allezeit etwas Dampf vergeht, daſs der mit dem Barometerstande wechselnde Druck r Luft bei denjenigen Maschinen, bei denen der Dampf in die mosphäre entweicht und die noch übrige Elasticität des abgelten Dampfes bei den Condensationsmaschinen als Gegenkung in Betrachtung kommt, daſs die ungleiche Reibung Kolbens, der Stange in der Stopfbüchse und der übrigen ile der Maschine überwunden, daſs die Condensationspumpe d die übrigen Theile der Maschine in Bewegung gesetzt und alten werden müssen, so begreift man bald, daſs auf diesem ege der eigentliche Effect einer so zusammengesetzten und von

---

1 S. Prechtl in Jahrb. d. pol. Inst. I. 114.

2 Einen zum Messen des Effectes der Maschinen überhaupt bemten Dynamometer hat Prony angegeben. Ann. Ch. Ph. 1822. rgl. *Dynamometer*.

3 Eine ausführliche Tabelle des Gewichtes, womit der Dampf bei schiedenen Temperaturen gegen eine Fläche von einem Quadrattimetre drückt, nach verschiedenen fremden und eigenen Versuchen, det man bei Christian Méc. ind. II. 247. Es scheint mir aus den im xte enthaltenen Gründen überflüssig, eine solche zu berechnen oder erhaupt aufzunehmen.

so vieler Bedingungen abhängigen Maschine theoretisch
berechnet werden kann. Eine für die praktische Anwe
hinlänglich genaue Kenntnifs erhält man indefs aus der Ve
chung desjenigen Effectes, welcher bei den Maschinen bei
tet ist. Aus einer sehr ausführlichen Zusammenstellung
genauer und hinlänglich lange angestellter Beobachtungen
giebt sich, dafs der wirkliche Effect von einem Quadr
Fläche des Kolbens bei doppeltwirkenden Condensationsm
nen und einfacher Pressung, wobei jedoch der Dampf 1°
R. über die Siedehitze erhitzt ist, nach engl. Mafse und Ge
te 7,5 ℔ mit 200 F. Geschwindigkeit in 1 Min. und die
bis 0,44 ℔ Kohlenverbrauch auf 1 Stunde beträgt. Der
lenverbrauch nimmt bei sehr grofsen Maschinen gegen sehr
ne um etwa die Hälfte ab. Indem aber zu 1 Pferdekr
Effect von 33000 ℔ gehört, so findet man die für eine
chen Effect erforderliche Fläche des Kolbens = x aus 330
200 × 7,5 x zu 22 engl. Quadratzolle. Die Höhe des S
ist so, dafs der Kolben 3 bis 4 Fufs Spielraum hat.

Wird die vielbestrittene Kraft der von Perkins erfu
Dampfmaschinen nach diesen Grundsätzen berechnet, so l
die oben gegebene Beschreibung hierzu folgende Elemente.

---

1 Jahrb. d. Polyt. Inst. I. 118. Ueber die von Edwards
tigten Maschinen findet man eine ausführliche Berechnung bei
Traité de Méc. Comp. des M. p. 84. Eine nur noch für die ält
unvollkommneren Maschinen passende Berechnung des Effects
Héron de Villefosse in de la Richesse Minerale. III. 66 u. 86.
nach beträgt der Druck gegen einen Pariser Kreiszoll Fläche 7 bis
welche Gröfse daher mit dem Quadrate des Durchmessers des K
multiplicirt die Kraft des Kolbens giebt. Der Kolben durchläu
in 1 Sec. und weil sein Rückgang bei einfachen Maschinen ohne
kung ist, so macht dieses 90 F. in 1 Min. Die Kraft eines P
setzt er zu 175 ℔. in 1 St. 2000 Toisen bewegt. Ist also der D
messer des Kolbens = d, so ist die Zahl der Pferdekräfte K
sie ersetzt; $K = \frac{d^2 \times 7,5 \times 90}{35000}$ mit einem Kohlenverbrauch vo
bei den kleineren, und von 8,5 ℔. bei den gröfsten in 24 St
Bei den doppelt wirkenden bewegt sich der Kolben mit 3½ F. in 1 Sec
ches nahe 200 F. in 1 Min. giebt. Hierbei ist also $K = \frac{d^2 \times 7,5 \ldots}{35000}$
mit einem Verbrauche von 7 ℔. Kohlen auf den Kreiszoll in 1 St

lben hält 2 Z. Durchmesser, und hat somit 3,14 Quadratzolle che. Sein Spielraum beträgt 12 Z. oder 1 F. und er macht) Stöfse in einer Minute. Nach WATT's Bestimmung einer rdekraft ist also der Effect der Maschine bei einem Drucke 1 35 Atmosphären gegen den Kolben gleich

$$\frac{\times 35 \times 200 \times 3,14}{33000} = \text{nahe } 5 \text{ Pferdekräften}$$

; nach SMEA- Faber, eine Pferdekraft = 23000 gesetzt, beträgt sie nicht lig 8 Pferdekräfte. Perkins rechnet aber, wie oben angege- l ist, dafs nach Abzug der noch bleibenden Elasticität des apfes von 30 Atmosphären nach Abzug von 5, welche der apf nach der Benutzung noch besitzt, derselbe mit 430 ℔ m einen Quadratzoll drücke. Hiernach wäre die Kraft der- en

$$= \frac{430 \times 3,14 \times 200}{33000} = 8,18 \text{ Pferdekräfte nach WATT's}$$

immung, oder

$$= \frac{430 \times 3,14 \times 200}{23000} = 11,3 \text{ Pferdekräfte}$$

h SMEATON's Annahme. Sollten aber 35 — 5 oder 30 At- phären 430 ℔ wirklichen Effect ausüben, so mufs der Druck Dampfes von einer Atmosphäre 14,33... ℔ gegen einen dratzoll betragen. Hieraus ergiebt sich, dafs nach Perkins's chnung die Reibung und der Dampfverlust gar keinen Ein- haben müfsten, indem der Druck *einer* Atmosphäre nicht als im Mittel etwa 14,33 ℔ gegen einen engl. Quadratzoll beträgt. Der Dampfverlust läfst sich nicht genau schäz- die Reibung aber wird bei niederem und hohem Drucke mal überwunden, woraus für Maschinen mit hoher Pres- ein Vortheil erwächst, und so ist es möglich, dafs hier- und sonstige bedingende Umstände nicht gerechnet, die hine allerdings eine Kraft von 8 bis nahe 10 Pferden ausü- önne, wenn anders der Dampferzeuger bei derselben die erliche Menge Dampf zu liefern vermag, wie PRECHTL ohne sehr scheinbare Gründe bestreitet.

Die Bestimmung der zur Verwandlung einer gewissen Quan- Wassers in Dampf erforderlichen Menge von Brennmaterial ausnehmend schwierig, und hängt von einer Menge nicht bestimmbarer Nebenumstände ab [1]. Hier wird es genü-

---

[1] S. *Verbrennen.*

gen, nur im Allgemeinen anzugeben, dafs [illegible] Désormes ein Gewicht Steinkohlen oder Holzkohlen mi gleiche Gewichte Wasser in Dampf verwandelt; Holz ut aber 4,7. Indem aber[1] die Dichtigkeit des Dampfes bei de dehitze gegen Wasser = 0,000618 ist, das Gewicht eine bikfusses Wasser aber in genähertem Werthe = 70 ℔ g men werden kann, so liefert 1 Kub. F. Steinkohlen vo spec. Gewicht oder nahe 100 ℔ derselben 2270 Kub. F serdampf von der Siedehitze; 1 Kub. F. Holzkohlen vo sp. Gew. oder 18 ℔ derselben 426,6 Kub. F.; 1 Kub. aber vom spec. Gew. 0,665 oder 47,5 ℔ 1126 Kub. Torf aber läfst sich diese Gröfse wegen der Unbestimmth nes spec. Gew. nicht füglich angeben[2]. Wenn man rücksichtigt, wie viele Wärme beim gewöhnlichen Hei benutzt verloren wird, so ist wahrscheinlich Partingt auf praktische Beobachtungen gestützte Angabe die ric dafs 1 ℔ Steinkohlen 7 ℔ Wasser in Dampf verwandelt. den hiernach die obigen Gröfsen im Verhältnifs von 7 : 1 nommen, so giebt 1 Kub. F. Steinkohlen 1659 Kub. F. D 1 Kub. F. Holzkohlen 298,6 Kub. F. und 1 Kub. F. Hol gefähr 788 Kub. F. Dampf von der Siedehitze. So fern anzunehmen ist, dafs Dampf von doppelter, dreifacher, haupt n facher Spannung auch doppelte, dreifache, n Dichtigkeit habe, die latente Wärme aber in Dampf vo Spannung eine constante Gröfse sey, so werden für von n facher Elasticität die durch gleiche Quantitäten B terial erzeugten Mengen $\frac{1}{n}$ mal die angegebenen seyn, also 1 Kub. F. Steinkohlen nur 829,5 Dampf von dopp mosphärischen Drucke erzeugt u. s. w.

Der Verbrauch an Wasser endlich läfst sich aus kannten Dichtigkeit des Wasserdampfes bei der erford Elasticität desselben, aus dem Inhalte des Stiefels und de der Kolbenstöfse in einer gegebenen Zeit genau berechnen,

1 S. *Dampf*, *Dichtigkeit*.

2 Eine ähnliche tabellarische Angabe findet man bei C Méc. ind. II. 265.

3 a. a. O. p. 83.

m keinen unnützen Verlust desselben annimmt, oder hierfür
ie hinlänglich genäherte Gröfse mit in Rechnung bringt. In-
m für das Letztere hier keine Regel aufgestellt werden kann,
möge blofs das Erstere angenommen werden. Ist hiernach
r Inhalt des Stiefels nach Abzug des vom Kolben ausgefüllten
umes = I, die Dichtigkeit des Wasserdampfes von der ange-
ndten Elasticität nach der oben mitgetheilten Tabelle [1] = δ,
Zahl der Hebungen des Embolus, seinen Rückgang nicht
tgerechnet in einer gegebenen Zeit = n, so ist der Verbrauch
n Wasser bei den gebräuchlichern doppeltwirkenden (*double
iprocating*) Maschinen = $2nI\delta$, bei atmosphärischen Dampf-
schinen aber $In\delta$. Nach Guenyveau beträgt der Verbrauch
n Wasser in einer Stunde 42,3 engl. Kub. Z. für einen Qua-
atzoll Fläche des Kolbens [2], nach Heron de Villefosse [3]
er 48 Kub. Z. für einen Kreiszoll dieser Fläche bei einfach
rkenden Maschinen. Es versteht sich indefs von selbst, dafs
se Formeln weit genauere Resultate geben, als diese sehr un-
stimmten Angaben.

Allgemeine Bemerkungen.

Papinus wollte, wie oben erzählt ist, durch entzündetes
hiefspulver den Embolus in Bewegung setzen. Savery und
ewcomen dachten an die Benutzung dieses und ähnlicher ex-
odirender Mischungen, ohne jedoch der unüberwindlichen
hwierigkeiten halber diese Pläne auszuführen. Vor kurzem
Cecil einen ähnlichen Vorschlag gethan [4]. Er will nämlich
r den Embolus Wasserstoffgas bringen, dieses mit atmo-
härischer Luft oder Sauerstoffgas mengen, und das entstandene
allgas verbrennen, um hierdurch zuerst eine Explosion zur
ebung und dann ein Vacuum zum Herabsinken des Embolus
erhalten, wodurch ein Wechselspiel des Kolbens wie bei den
mpfmaschinen bewirkt werden soll. Auf eine ähnliche Weise
l diejenige Maschine eingerichtet seyn, welche ganz kürzlich
Brown in Vorschlag gebracht, mit dem Namen: *Atmosphä-*

1 S. *Dampf. Dichtigkeit des Wasserdampfes.*
2 Borgnis Traité de Méc. Compos. des Mach. p. 83.
3 Richesse minérale III. 67.
4 Transact. of the Cambridge. Phil. Soc. 1822. T. I. P. II. N. 3.

rische Maschine (*atmosperical engine*) benannt, und ein Patent darüber erhalten hat [1]. Indeſs dürfte nicht bloſs die Bereitung der Gasarten, sondern beim Gebrauche von atmosphärischer Luft das rückbleibende Stickgas, oder auch die das Knallgas auf alle Fälle verunreinigenden Gasarten ein unüberwindliches Hinderniſs entgegensetzen [2], und TREDGOLD's [3] Berechnungen beweisen ohnehin, daſs dieses mechanische Mittel keineswegs mit gleichem Vortheile als der Wasserdampf angewandt werden kann.

NIEPCE hat vorgeschlagen, die durch Hitze expandirte Luft statt der Dämpfe als mechanisches bewegendes Mittel anzuwenden und eine hiernach construirte Maschine *Pyréolophore* genannt [4]. Indeſs hat NAVIER [5] gezeigt, daſs dieses keineswegs mit gleichem Vortheile, als die Benutzung der Wasserdämpfe geschehen kann, obgleich wegen geringerer Wärmecapacität der Luft weniger Wärme erfordert wird, um durch die Erhitzung einer gegebenen Menge von Luft die Elasticität derselben zur Erzeugung einer gleichen Kraft zu vermehren, als diese letztere durch Bildung von Wasserdampf hervorzubringen [6]. Aehnliche Vorschläge haben CAGNIARD-LATOUR, MONTGOLFIER und DAYME gethan [7]. Auch der Vorschlag, die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten, namentlich des Alkohols, durch Wärme als bewegendes Mittel statt des Dampfes zu benutzen [8], dürfte in dem geringen Umfange der Volumensvermehrung bei Flüssigkeiten und der Schwierigkeit, sie in den Gefäſsen genau einzuschlieſsen, der Stärke dieser Ausdehnung ungeachtet ein bedeutendes Hinderniſs finden.

---

1 Repert. of Arts cet. 1824. Nov. daraus in Dingler polyt. J. XVI. 179. London J. of Arts and Sciences. 1824. Aug.

2 Eine Beschreibung der Maschine des Lezteren nebst Zeichnung findet man in Brewster's Edinb. Journal of Sc. N. II. p. 339. dort wird ein günstiges Urtheil über sie gefället.

3 Edinb. Ph. J. N. XXIV. 368. Vergl. Ebend. XXIII. 192.

4 Mém. de l'Inst. VIII. 146.

5 Ann. C. P. XVII. 357.

6 Prechtl Jahrb. d. polyt. I. I. 134.

7 Ebend. Vergl. Repertory of Arts and Manuf. 1818. Apr.

8 Edinburgh Journ. of Science N. V. 101.

Endlich hat man neuerdings gesehen, dafs verschiedene
arten bei niedriger Temperatur sich in einen sehr engen
m bis zum tropfbar flüssig werden zusammen drücken lassen,
dann bei höherer Temperatur sich mit einer grofsen Gewalt
lehnen. DAVY [1] schlägt vor, solche comprimirte Gasarten
mechanisches Mittel statt des Dampfes zu gebrauchen, ohne
hierzu geeignete Vorrichtung näher anzugeben. Für die
tische Anwendung dürfte es aber schwer fallen, hierdurch
stets und gleichmäfsig wirkendes, und bei dem zur Com-
sion erforderlichen Aufwande von Kraft noch vortheilhaf-
bewegendes Mittel zu erhalten.

Die Dampfmaschinen sind zwar in England erfunden, am
sten verbessert und vorzugsweise dort verbreitet. Indefs
den sie doch ziemlich frühe in andern Ländern eingeführt
auch verfertigt. Gleich anfangs kam eine *Saverysche* nach
rsburg, eine *Newcomensche* mit den Verbesserungen von
er 1722 nach Königsberg in Ungarn [2], im nämlichen Jahre
ähnliche durch J. E. FISCHER, Baron von ERLACHEN nach
el, und nach Wien in die Gärten des Fürsten von Schwarzen-
[3]. Schon 1788 brachte der Oberbergrath BÜCKLING, welcher
wegen vorher nach England reisete, eine grofse *Watt'sche*
pfmaschine zu Stande, welche zur Förderung der Gruben-
ser bei Hettstädt im Mansfeldschen diente [4], und eine zweite
die Saline Schönebeck bei Magdeburg. Die erstere wurde
4 mit einer gröfseren vertauscht [5]. Eine grofse Maschine
seit geraumer Zeit bei den Bergwerken in Tarnowitz im
ge [6].

Am frühesten und zahlreichsten sind die Dampfmaschinen
Frankreich gebraucht und verfertigt. Zwar ist die erste
se bei Paris durch PERRIER zusammengesetzte und von PRO-
beschriebene [7] aus der Watt'schen Fabrik, indefs wurden

1 Phil. Trans. 1823. II. p. 199.
2 S. Leupold Theat. mach. hydr. II. §. 202.
3 Gehler V. 218.
4 Lichtenb. Mag. IX. 2. 106.
5 Green N. J. I. 144. Beschrieben in Gehler a. a. O. Suppl. B.
1.
6 Journ. des Mines. An. XI.
7 S. oben *Erfindung d. D. M.*

sie doch schon seit geraumer Zeit in Namur verfertigt
dem Anfange dieses Jahrhunderts hat sich die Zahl d
auf dem Continente ausnehmend vermehrt, auch werd
eigenen Fabriken in Paris [2], Lyon, Lüttich, Berlin [3]
in Menge verfertigt, und nicht mehr blofs in Bergwerk
dern auch bei grofsen Fabrikanlagen häufig gebrauc
Frankreich beläuft sich ihre Anzahl auf mehr als 300,
Fabrik in Paris verfertigte 1822 allein 36 Stück [4].

Nach America kam 1760 die erste atmosphärische
maschine, und am Schlusse des vorigen Jahrhunderts l
sich daselbst nicht mehr als viere [5]. Seitdem ist ihre Z
aufserordentlich vermehrt und sie sind daselbst in grofs
und von vorzüglicher Güte namentlich durch Evans
tigt [6]. Im Jahre 1804 kam eine *Watt'sche* Maschine n
nidad [7], erst 1811 aber reisete Uvillé aus Peru nach
um dort für die Bergwerke auf den hohen Cordilleren
schwere Dampfmaschinen zu erhalten, lernte die *Trevith*
kennen, brachte eine solche nach Peru und nahm nachl
Trevithick selbst nebst mehreren Maschinen mit nach P
sie dort aufzurichten und neue zu bauen. Letzterem w
selbst aufser andern Vortheilen noch 0,2 von dem Ant
Lima Compagnie zugesichert, welches im mäfsi
schlage jährlich 100000 Lstl. beträgt [8]. Seitdem sind
in Asien, namentlich in Ostindien in Gebrauch, indem

1 Lichtenb. Mag. II. 4. p. 211.

2 Die vom Bürger Droz verfertigten wurden im Anfan
Jahrhunderts in Deutschland bekannt. S. Voigt Mag. XI. 2
Beschreibung seiner Maschine ohne Balancier findet sich in Bu
Sciences. An. V. p. 18. Daraus bei G. XVI. 356.

3 Eine vollständige Beschreibung der in der *Freund'sch*
zu Berlin verfertigten sehr schönen Maschinen durch Brökel f
bei G. LXVII. 49.

4 Duping Rapport fait à l'Inst. Par. 1823. p. 33. Vergl
a. a. O. p. 87.

5 Partington a. a. O. p. 46.

6 Marestier Memoire sur les bateaux a vapeur des Etats
merique Par. 1825. 4. p. 105.

7 Stuart a. a. O. p. 173.

8 Geolog. Trans. of Cornwall. I. 222.

...e durch MAUDSLAY gebauete Maschine zum Schälen des Rei-
...s auf Ceylon mit grofsem Vortheile anwandte [1].

Um endlich die Kosten dieser Maſchinen ohngefähr zu ken-
...n dient folgende Uebersicht. In der *Cockerillschen* Fabrik
... Lüttich kosten [2] ohne Emballage

Maschinen für	2 bis 3	Pferdekräfte			10000	Franks
—	—	4	—	—	—	14000	—
—	—	8	—	—	—	20000	—
—	—	16	—	—	—	32500	—
—	—	20	—	—	—	40000	—
—	—	30	—	—	—	50000	—
—	—	50	—	—	—	72000	—

... *Watt'schen* Maschinen zu Bolton kosten [3]

Maschinen für		2	Pferdekräfte		4500	Franks
—	— —	4	—	—	8750	—
—	— —	8	—	—	13000	—
—	— —	10	—	—	14500	—
—	— —	12	—	—	16000	—
—	— —	20	—	—	22500	—
—	— —	30	—	—	30000	—

... *Freund'schen* Maschinen in Berlin kosten

Maschinen für	1	Pferdekraft	2000	Rthlr.	Pr. C.
— —	— 2	—	— 3000	—	—
— —	— 4	—	— 4000	—	—

... von hieran steigen die Preise um 1000 Rthlr. für 2 Pferde-
...e [4]. *M.*

---

1. Partington. 47.
2. Webers Gewerbsfreund 1820. II. 308. Bernoulli a. a. O. p. 250.
3. Bulletin de la Soc. d'Encour. 1822. p. 244.
4. G. LXVII. 79. Zur Literatur dienen aufser den angeführten ...ften: Royal Encyclopaedia. Lond. 1791. vol. III. Art. Steam-En- ... Bossut Traité élémentaire d'Hydrodynamique. à Paris 1792. II ... 8. Poda Beschreibung der bei dem Bergbau zu Schemnitz errichte- ...aschinen. Prag. 1771. 8. Delius Beschreibung der Feuermaschi- ... Cancrinus Erste Gründe der Berg- und Salzwerkskunde. Th. ... Bergmaschinenkunst. Frankf. 1777. 8. I. C. Hoffmann Beschrei- ... und Abbildung zweier neuen Dampfmaschinen. Leipz. 1803. 4.

Dampfschiff.

Dampfboot; Bateau à vapeur; *Steam boat, S vessel;* nennt man diejenigen Schiffe, welche gegenwä grofser Menge auf Flüssen, Seen und sogar auf dem Wel durch eigene Wasserräder getrieben werden, deren regel ge Bewegung durch eine *Dampfmaschine* bewerk wird. In gröfserer Vollkommenheit sind sie erst in Jahrhundert gebauet, werden aber gegenwärtig überall glaublich vermehrt, dafs es unmöglich ist, eine ohn Uebersicht ihrer Menge zu geben. Vorzugsweise sind den grofsen Strömen und an den Küsten von Nordam Gebrauch, so dafs 1822 blofs auf dem Mississippi und Nebenströmen 18 Dampfschiffe von 40 bis 443 Tonnen welche zusammen 7259 Tonnen hielten [1]. Nach Marb hatten die Americaner vor 16 Jahren noch kein einziges schiff, und besitzen deren jetzt mehrere Hunderte. D Theil dieser Angabe ist indefs, wie die Geschichte die findung zeigen wird, nicht ganz richtig. Um alle Grofsbrittanniens fahren Dampfschiffe und erhalten di munication zwischen dieser Insel und dem Continente, gar zwischen Europa und America fährt die *Savannah* v Tonnen in 20 Tagen von den vereinigten Staaten nach pool, fast stets durch Hülfe der Maschine, und nach lichen Nachrichten soll der Versuch gemacht seyn, mi Dampfschiffe nach Ostindien zu segeln. So wie auf den canischen Binnenseen hat man auch auf der europäische fangen, die an ihren Küsten gelegenen Oerter durch schifffahrt in Verbindung zu setzen, z. B. beim Bodense fersee u. a. Dahin gehört z. B. der *Wilhelm Te* Dampfschiff von 110 Tonnen, welches der nordameric Consul in Genf, Church, durch den Schiffsbaumeister I

---

1 Partington historical Account of the steam engine, Lo 8. p. 67.

2 Mémoire sur les Bateaux à vapeur des états-unis d'A Par. 1824. 4. p. 2. Dieses Werk enthält zugleich einen Band K gröfsten Folio mit genauen Zeichnungen aller Theile der ameri Dampfschiffe, und beschreibt dieselben vollständig.

aus Bourdeaux erbauen, und mit einer Maschine aus Liverpool versehen liefs, um den Genfersee zu befahren. Es ist unter andern durch die eigenthümliche Art der Schaufeln seiner Treibräder ausgezeichnet, welche auf eine solche Art beweglich sind, dafs sie stets mit ihrer verticalen Ebene ins Wasser eintauchen und sich eben so wieder aus demselben erheben, wodurch das sonst gewöhnliche unangenehme Geräusch vermieden wird, worüber der Erfinder CHURCH ein Privilegium in Frankreich erhalten hat [1]. Grofse Dampfschiffe fahren auf dem Adriatischen Meere. Eins, die *Carolina* geht jeden zweiten Tag von Venedig nach Triest, ein anderes, der *Eridano* fährt zwischen Pavia und Venedig, welcher Weg in 37 Stunden zurückgelegt wird [2]. Für die Dampfschifffahrt auf der Donau, welche übrigens mit 5 und auch wohl 8 F. Geschwindigkeit fliefst, haben FR. BERNARD ET COMP. und CHEV. DE ST. LEON ET COMP. seit 1818 ein funfzehnjähriges Privilegium erhalten.

Die eigentliche Erfindung der Dampfschiffe ist neueren Ursprungs. Zwar hat ein gewisser Franzose, Namens DUQUET, zwischen 1687 bis 1693 zu Havre verschiedene Versuche gemacht, die Kraft des Windes bei Schiffen durch mechanische Mittel zu verstärken [3], welchen MARESTIER [4] daher als den Erfinder der Dampfschiffe anzusehen geneigt ist, allein solche Vorschläge sind ohne Zweifel schon früher an vielen Orten gemacht [5], und gehören, eben wie die Ruder, nicht zur Dampfschifffahrt [6]. Es liegt aufserdem in der Natur der Sache, dafs die Erfindung der Dampfschiffe nicht älter seyn kann, als die der Dampfmaschine selbst, aber wirklich war es auch SAVERY,

1 Eine Beschreibung der Maschine und des Schiffes liefert Pictet a Bibl. univ. XXIII. 117.

2 Partington a. a. O. p. 65.

3. Recueil de Machines approuvées par l'Acad. I. 173.

4 Mém. p. 32. Ann. C. P. XXII. 170.

5 Stuart a descriptive history of the steam engine, Lond. 1824. p. 41.

6 Nach PATRIK MILLER in Edinb. Phil. Journ. N. XXV. p. 82. erzählt ROB. VALTURIUS in seiner Schrift de Re militari, Verona 1472. dafs auf den Italiänischen Flüssen kleine Kähne durch Schaufelräder statt der Ruder getrieben würden.

welcher 1698, als er mit der Construction seiner Dampfmaschinen beschäftigt war, das Modell eines Schiffes zeigte, welches durch Schaufelräder bewegt werden sollte, diese aber wollte er wieder durch andere in Bewegung setzen, auf welche das durch seine Dampfmaschine geförderte Wasser fallen sollte, so dafs also die erste, obwohl unausführbare Idee, die Kraft des Dampfes zur Bewegung der Schiffe zu benutzen, von jenem erfinderischen Genie ausgegangen ist. Nur in entfernter Berührung mit den jetzigen eigentlichen Dampfschiffen stehen die Vorschläge eines Schotten, um etwa 1730, die Schiffe durch die Reaction des explodirenden Schiefspulvers fortzutreiben, welches wegen des geringen Effectes bei grofsem Aufwande verworfen wurde, desgleichen eines gewissen GENEVOIS aus Bern, welcher 1759 absichtlich nach London kam, und dort seine Pläne vorlegte, die Schiffe vermittelst Wasserräder zu treiben, letztere aber durch Federn in Bewegung zu setzen, und diese durch verschiedene Mittel, wahrscheinlich auch durch die Kraft des Schiefspulvers zu spannen [1].

Der erste eigentliche Erfinder der Dampfschiffe ist wohl ohne Zweifel JONATHAN HULLS, welcher 1736 ein Patent für dieselben erhielt [2]. Nach seinem Vorschlage sollte die lothrechte Bewegung der Stange des Embolus durch Seile in eine rotirende verwandelt werden, ein sehr unvollkommener Mechanismus, wogegen indefs die Admiralität, indem er ihr das Project vorlegte, weniger einzuwenden hatte, als vielmehr gegen die Zerbrechlichkeit der Räder, wovon sie meinte, dafs sie unmöglich der Gewalt der Wellen widerstehen könnten. HULLS entgegnete, dafs er seine Schiffe nicht in die unruhige See zu bringen gesonnen sey, indem er nicht ahnen konnte, in welcher Ausdehnung sein Vorschlag keine hundert Jahre später ausgeführt werden würde [3]. Sein Vorschlag scheint nie ausgeführt zu seyn, eben so wenig als ein ähnlicher von GAU-

---

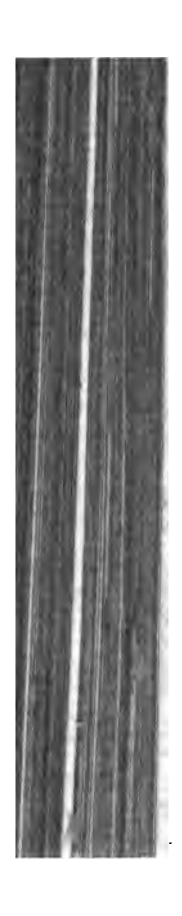
1 Stuart. a. a. O. p. 148.

2 Partington a. a. O. p. 54. Annals of Phil. II. 469. A Description and draught of a new-invented machine for carrying vessels or ships aut of or into any harbour, port, or river, against wind or tide, or in a calm. By Jonathan Hulls. Lond. 1737.

3 Dupin bei Marestier a. a. O. p. 4.

:n, welcher Schiffe durch Schaufelräder, diese durch die
iffsmannschaft, und weil deren Kräfte nicht ausreichen
rden, durch eine Dampfmaschine in Bewegung zu setzen
schlug [1]. Sonach wäre das Schiff mit einer Dampfmaschi-
, welches PERRIER 1775 wirklich erbauete, und vermittelst
er Dampfmaschine auf der Seine bewegte, das erste Dampf-
iff, welches aber nur mit der Kraft eines einzigen Pferdes
rieben wurde, daher zu langsam fuhr, so dafs die Sache
rmals in Vergessenheit kam [2]. Im Jahre 1775 äufserte auch
ANKLIN in einem Briefe an LEROI die Idee, Schiffe vermittelst
er Dampfmaschine zu bewegen, welches vielleicht dazu
nte, dafs diese Aufgabe in America vorzüglich berücksich-
t wurde, denn man hat dort und in Frankreich derselben
meiste Aufmerksamkeit geschenkt. Weniger wurde die
he in dem letzteren Lande betrieben durch den Abbé DARNAL
1781, als im folgenden Jahre durch den Marquis von
FROI, dessen Versuche wahrscheinlich zu einem Resultate
führt hätten; wäre er nicht durch die Revolution gehindert
rden, welche ihn vermochte ins Ausland, namentlich nach
erica, zu reisen. Bei seiner Rückkehr 1796 erfuhr er, dafs
gewisser DESBLANC aus *Trevoux* ein Patent auf solche
iffe erhalten habe, focht dieses an, ohne wegen der unru-
n Zeiten Gehör zu finden. In America dagegen erbauete
gewisser FITCH seit 1786 Böte mit schaufelförmigen Rudern,
chte 1787 eins zu Stande, wobei die Ruder durch eine
npfmaschine, obgleich sehr langsam bewegt wurden. Hier-
fuhr er auf dem Delaware und es ist ohne Zweifel dieses,
r das durch RUMSEY erbauete das nämliche, dessen durch
ANKLIN in seinen Briefen [3] Erwähnung geschieht, wenn er
ldet, er habe schon 1788 ein Dampfschiff auf den dortigen
wässern fahren gesehen. Die Kosten der Erhaltung waren
efs bedeutend gegen den Ertrag wegen der unaufhörlichen
paraturen, FITCH gab daher die Sache auf, kam 1791 nach
ropa, und entwarf mit VAIL, dem americanischen Consul zu

1 Mém. de la Soc. Roy. de Nancy. 1755. T. III.
2 Marestier a. a. O. Vergl. Annales de l'Industrie 1822. Dec.
297.
3 J. de Ph. LXXXI. 438.



gung hervorbrachte. Aber auch dieses ge
und er ging daher nach London, um dort
betreiben. Nicht mehr Glück machte Mo
schiedene Arten Ruder, namentlich auch
eine Dampfmaschine in Bewegung setzte.
dafs das Mifslingen aller dieser Versuche
menheit der Dampfmaschinen herrührte.

Am meisten wurde diese Erfindung
VINGSTON, welchen viele günstige Umstände
während er selbst vorzüglich viel durch
ausrichtete. Der Staat von Newyork er
1798 ein Privilegium auf 20 Jahre, wenn e
von der erforderlichen Geschwindigkeit der
de brächte. In Verbindung mit den Mechani
SEVELT und STEVENS versuchte er verschied
nügenden Erfolg. Während seiner Anwes
der vereinigten Staaten in Frankreich um
kanntschaft mit FULTON, dessen Versuche
DESPLANC fürchtete, aber auf seine Klagen g
heit seines erhaltenen Patentes von diesem
er würde nie die Flüsse Frankreichs befal
schon 1793 dem Lord STANHOPE den Pla
schiffe mitgetheit, lernte später die Versu
England, und durch LIVINGSTON die in Ame

n unter dem Wasser bewegen sollen [1], beschäftigen Fulton e Zeitlang, er kehrte erst 1806 nach America zurück, wo- r er eine Dampfmaschine aus der Fabrik von Watt und ulton hatte senden lassen, erhielt 1807 abermals einen Auf- ub der ihm gesetzten Frist, und brachte dann das Schiff zu wyork zu Stande, womit er eine Reise nach Albany machte, ches 120 Seemeilen entfernt er in 32 Stunden erreichte, und 30 Stunden die Rückreise beendigte [2]. Das Schiff hiefs *rmont*, und erregte durch seinen rauchenden Mastbaum d die Gewalt, womit es gegen Wind und Wellen ankämpfte, Bewunderung der Anwohner des Flusses.

Unter der Leitung Fulton's, welcher aufserdem durch e *Torpedos*, *Feuerschlangen*, *Höllenmaschinen* bekannt ist, rden viele Dampfboote erbauet. Eins der merkwürdigsten nter ist die grofse *Dampffregatte*, welche erst im Som- 1815, gleich nach dem Tode ihres Erfinders vollendet rde. Sie besteht aus zwei 66 F. langen Booten mit einem schenraume von 15 F. in welchem sich das Schaufelrad be- gt, wofür die Dampfkessel sich in dem einen, die Dampf- schine selbst im andern Boote befinden. Bei einer zweima- n Probe betrug ihre Geschwindigkeit, wenn sie mit der Be- nung fuhr, fast 6 engl. Meilen (zu 4956 F.) in einer Stun- . Auf dem Hauptverdecke befindet sich der Raum für die waffnung, welche durch eine Brustwehr von massivem Zim- holze, 4 F. 10 Z. dick geschützt ist, mit 32 Schiefsschar- und eben so viel Kanonen, um glühende Kugeln zu schie- n, zu deren Erhitzung alles bequem eingerichtet ist. Auch s obere, zur Aufstellung der Mannschaft bestimmte Verdeck mit einer starken Brustwehr umgeben, Die Fregatte hat ei starke Masten mit Segeln, zwei Bogspriets und vier Steu- ruder, eins an jedem Ende der beiden Boote, um auf gleiche eise vorwärts und rückwärts bewegt zu werden. Die Dampf- schine ist aufserdem noch eingerichtet, mehrere Pumpen-

---

1 Vergl. Bulletin de la Soc. d'Encourag. cah. 82. Archives des couv. 1811. Dec.

2 S. aufser Marestier noch Buchanan Treatise on propelling ves- s by steam. Lond. 1816. p. 7 ff. J. Bristed's Resources of the united tes of America. New-York. 1818.

werke zu treiben, um eine Fluth heifses Wasser auf di
lichen Schiffe zu spritzen, eine wegen des Widerstar
Luft ohne Zweifel unausführbare Aufgabe, es sey der
dieses Mittel gegen das ohnehin unwahrscheinliche En
braucht werden sollte. Solcher Fregatten sollten meh
Beschützung der Küsten erbauet werden, es scheint d
defs nicht ausgeführt zu seyn, indem MARESTIER sell
eine Fulton 1. genannt, nicht erwähnt [1].

Es ist in der That merkwürdig, dafs die Erfind
Dampfboote in *England*, ohngeachtet so früher, nich
lich mifslungener Versuche, nicht mehr gefördert wur
oben erwähnten älteren und minder oder gar nicht zwe
gen nicht zu gedenken that nämlich schon 1785 der I
MILLER aus Dalswinton Vorschläge zur Erbauung eines
ten Bootes zwischen dessen beiden Theilen ein Schaufe
Bewegung desselben angebracht werden sollte, besc
1787, liefs, unterstützt durch SYMINGTON und TAYL
solches in kleinem Mafsstabe erbauen, mit einer kleinen
maschine versehen, und fuhr damit 1788 auf *Dalswinto*
Im folgenden Jahre wiederholte er den Versuch mit eine
seren Schiffe auf dem *Forth* und *Clyde* Canal, welcher
falls glücklich ablief, wurde indefs von einem Theil
betrogen, so dafs ihn diese Probeversuche an 30000 L
steten, legte sich nachher auf Untersuchungen den Acke
treffend, hob aber die noch jetzt vorhandenen Modell
fältig auf [2]. Aehnliche Versuche soll CLARKE 1791 a
angestellt haben, auch erzählt man von den zu Glas
machten, ohne dafs jedoch die Sache gegenwärtig no
länglich bekannt ist [3].

Mit Uebergehung der minder zweckmäfsigen Vors

---

1 Vieles darüber ist in öffentlichen Blättern bekannt ;
daraus bei G. LIII. 66. Vergl. Jahrb. d. Polyt. Inst. I. 210.

2 Partington a. a. O. p. 58. Ann. of Phil. 1819. Apr.
Vorzügl. der Bericht seines Sohnes in Edinburgh Phil. Journ. N
p. 81.

3 Weld in Bibl. Brit. 1815. Sept. G. LIII. 77. J. d. P. LXX

4 Eine kurze Erwähnung scheint der, wahrscheinlich ni
führte Vorschlag zu verdienen, ein Schiff durch eine Art Pat

n Lord Stanhope, welcher 1795 Ruder, den Entenfüſsen ähnlich, anzuwenden rieth, und Linnakers, nach welchem das oben erwähnte Mittel, nämlich Wasser am Vordertheile des Schiffes einzusaugen und am Hintertheile wieder ausfliesen zu lassen, angewandt werden sollte [1], verdienen vorzüglich die Versuche von Bunter und Dickinson erwähnt zu werden, deren Dampfboot um 1801 auf der Themse fuhr, aber mit zu geringer Geschwindigkeit, noch mehr aber Symington's, welcher unterstützt durch Lord Dundas ein eigentliches Dampfboot nach der neueren Bauart verfertigte, und im Forth und Clyde Canal laufen liefs. Von ihm oder von Miller ist die Erfindung, die Stiefel der Dampfmaschine fast horizontal zu legen, um dadurch das Schwungrad entbehrlich zu machen, und auf die Kurbeln der Schaufelräder unmittelbar zu wirken [2]. In der That scheint gegen die Zweckmäſsigkeit und Brauchbarkeit seines Schiffes nichts eingewandt zu seyn, allein es durfte nicht ferner gebraucht werden, weil die Schaufelräder die Ufer des Canals zu sehr beschädigten [3], und doch fährt man jetzt überall mit gleichen Dampfschiffen. Symington brachte auſserdem Stampfer am Vordertheile seines Schiffes an, welche das Eis zerbrechen, und dadurch einen Weg eröffnen sollten. Erst der häufige Gebrauch der Dampfschiffe in America scheint die Aufmerksamkeit in England mehr auf dieselben gerichtet zu haben, und dennoch konnten sie so wenig in Aufnahme kommen, daſs noch 1812 Bell und Thomson, die Actionärs eines durch Wood zu Glasgow erbaueten Passagierschiffes, von 40 F. Kiel und 15 F. Baum (*beam*) mit einer Maschine von 3 Pferdekräften zwischen Glasgow und Greenock fahrend kaum ihre Kosten gedeckt fanden [4]. Gegenwärtig ist die Zahl der Dampfschiffe

---

...k mit groſsen, dem Schiffe parallel bewegten Schaufeln fortzutreiben, wovon sich dem Anscheine nach etwas erwarten läſst.

1 Partington p. 60. erwähnt, daſs schon John Allen in Specimina Ichnographica 1730 dieses empfohlen habe.

2 Buchanan a. a. O. p. 7. Solche Maschinen mit liegendem Stiefel scheinen für die Dampfschiffe vorzüglich brauchbar, wie die oben beschriebene von Perrier und von Perkins. Vergl. *Dampfmaschinen*.

3 Partington. p. 59.

4 Buchanan a. a. O. Nach Marestier a. a. O. p. 176. wurden zwei

auch in England ungemein grofs, und sie werden nach
schwundenem Vorurtheile von einer möglichen Gefahr vi
nutzt, wie aus der Menge der Passagiere beurtheilt w
kann. Deren wurden in einem der letzteren Jahre gezäh
dem Clyde Canal zwischen Glasgow und Edinburgh 9425(
dem Ardrassan Canal zwischen Glasgow und Paisley 5170(
auf dem Monkland Canal 18000.

Die meisten Dampfböte dienen gegenwärtig noch
Transporte von Reisenden und als Packetböte, weil die
schine einen grofsen Raum einnimmt und schwer ist. Si
fast durchaus sehr elegant gebauet, haben die Maschi
mittleren Raume und aufserdem vorn und hinten Kaj
eine engere und zu wohlfeileren Plätzen vorn, eine geräum
und bequem eingerichtete hinten. Zuweilen werden
durch Dampf oder durch die warme Luft geheizt, welche
der Feuerstelle erhitzt ist. Auf den americanischen Da
schiffen ist das Zimmer der Damen von dem der Herren
sondert, und aufserdem hat man gemeinschaftliche Gemä
Domestikenkammern an der Seite der Maschine, wie denn i
haupt für Bequemlichkeit und selbst für Aufwartung be
gesorgt ist [1]. Der Maschinenraum beträgt selten mehr al
F. in der Länge und etwas über die Hälfte hiervon in der B
welches für eine Maschine von 20 Pferdekräften mit 2 Ke
und einer Ladung Kohlen hinreicht. Auch hierbei ist bei
nen Maschinen der Aufwand verhältnifsmäfsig gröfser,
man findet es daher vortheilhafter, sie gröfser zu bauen,
ches vorzüglich auf den grofsen Flüssen America's und au
See leichter ausführbar ist. Dort giebt es daher Dampfsc
von 300 bis 400 Tonnen, doch sollen nach Buchanan die
70 F. Kiel und 90 Tonnen die besten seyn.

Um über die verhältnifsmäfsige Gröfse der Dimensi
eines Dampfschiffes in Concreto urtheilen zu können, m
folgende genauen Angaben von Barlow [2] dienen. Das

Schiffe, der Komet und die Elisabeth zugleich erbauet. Glei
folgenden Jahre wurde die Zahl derselben bedeutend vermehrt.

1 Ausführlich bei Marestier a. a. O. p. 45.

2 Edinburgh Philos. Journ. XXIV. 289.

ersuchung der norwegischen Küsten dienende Königl. Dampf-ff, der Komet, von 237 Tonnen hatte in englischem Fufs-

ge des Schiffes	115 F.	0 Z.
Ste Breite	21 —	0 —
ge des Dampfkessels	15 —	0 —
lere Breite desselben	15 —	0 —
desselben	8 —	6 —
ldicke	0 —	$\frac{5}{8}$ —
des Schornsteines	36 —	0 —
messer desselben bis 3 F. 3 Z. Höhe	2 —	9 —
chen für 32 F. 9 Z.	1 —	6 —
des Metalles	0 —	$\frac{1}{16}$ —

Es lassen sich noch verschiedene, bisher überhaupt nicht öpfend behandelte Untersuchungen, diese wichtigen Ma-n betreffend, anstellen, namentlich über die geeignetste zur Ueberwindung des Widerstandes, über die Höhe der , Zahl und Flächeninhalt der Schaufeln, Lage der Räder rhaltung des gröfsten Effectes, Bauart des Schiffes im zur Vermeidung des Umschlagens und eines zu grofsen s der Wellen gegen dasselbe, nebst vielem anderen. Fol-ist theils leicht zu übersehen, theils die Hauptsache zu betreffend. Man darf annehmen, dafs der Widerstand, n das Schiff in stillem Wasser erleidet, dem Quadrate schwindigkeit nahe proportional ist. Wird also die zu Geschwindigkeit $= u$ erforderliche Kraft a genannt, so für eine andere $= v$ leicht zu finden, nämlich $a\frac{v^2}{u^2}$. ch steigt indefs die, zur Bewegung des Schiffes erforder-in Pferdekräften ausgedrückte Wirksamkeit der Maschine und würde, wenn sie für eine Geschwindigkeit von 7 eilen in einer Stunde 12 Pferdekräfte bedürfte, für 10 schon 35 erfordern. Es verdient dieses vorzüglich be-chtigt zu werden bei stromaufwärtsgehenden Fahrten und sen, indem bei jenen die Geschwindigkeit des fliefsenden rs zugleich mit überwunden werden mufs, bei diesen aber rke Kohlenverbrauch nicht leicht wieder ersetzt werden , welcher bei Dampfmaschinen auf Schiffen ohnehin un-gröfser ist, als bei feststehenden auf dem Lande, theils

wegen des unvollkommenen Baues des Schornsteines u
hiervon abhängenden geringeren Luftzuges, theils weg
kleineren Raumes und der minderen Verwahrung gege
meleitung beim Siedekessel.

Ist ferner die Geschwindigkeit der Schaufeln =
des Schiffes = v, so ist die Geschwindigkeit, womit die
feln das Wasser treffen = V — v; der Widerstand also = (
Weil aber das gestofsene Wasser mit einer Geschwi
= (V — v) nachgiebt, so erhält man für die effective
die Proportion $V - v : v = (V - v)^2 : v\,(V - v)$. D
dieser Gewalt ist ein Gröfstes, wenn $2V = 3v$, od
die Geschwindigkeit des Centrums des Widerstandes der
feln $\frac{3}{2}$ mal die Geschwindigkeit des Bootes erreicht. Tre
findet ferner durch Berechnung, dafs der Halbmesser ei
des mit acht Schaufeln = 5,12 F. seyn mufs; für mehr
feln ist ein gröfserer Halbmesser erforderlich, damit si
der nicht zu nahe kommen; gröfsere Räder aber habe
ihrer Schwere, wegen der Gewalt, welche Wind und
dagegen ausüben und aus andern Gründen manches wi

Bewegt sich das Schiff in fliefsendem Wasser, un
der Widerstand = a bei einer Geschwindigkeit = u; is
die Geschwindigkeit des Schiffes = v des Stromes = c, s
man für die Fahrt stromabwärts $u^2 : (v - c)^2 = a : \frac{a\,(v$
stromaufwärts aber $u^2 : (v + c)^2 = a : \frac{a\,(v + c)^2}{u^2}$. Di
derliche Kraft ist also allgemein $\frac{a\,(v \mp c)^2}{u^2}$. Im erste
ist ferner die Geschwindigkeit, womit die Schaufeln ge
Wasser stofsen $= V + c - v$ im letzteren $= V - c -$
die Kraft des Widerstandes ist daher allgemein $= (V \pm$
Es ist aber $V \pm c - v : v = (V \pm c - v)^2 : v\,(V \pm$
Der Effect in einer gegebenen Zeit ist aber ein Maximum
$V = \frac{3v}{2} \mp c$ oder wenn $V = 1{,}5\,v \mp c$ ist, wonach $v = \frac{2}{}$
wird. Setzt man hierin $c = 0$, so erhält man die obe

1 Edinb. Phil. Journ. XIII. 250.

ie Formel. Heifst endlich P die Kraft der Dampfmaschine, ist $P = \frac{a v (v \mp c)^2}{u^2}$; und wenn das Verhältnifs der Gewindigkeit des Stromes zu der des Schiffes $= 1 : n$ ist, raus $c = n v$ wird, so ist $P = \frac{a v^3 (1 \mp n)^2}{u^2}$, und $= \left(\frac{P u^2}{a (1 \mp n)^2}\right)^{\frac{1}{3}}$. Tredgold berechnet hiernach folgende mmengehörige Geschwindigkeiten

Mit dem Strome.		Gegen den Strom.	
Gesch. d. Wass.	Gesch. d. Bot.	Gesch. d. Wass.	Gesch. d. Bot.
Meil. in 1 St.	Meil. in 1 St.	Meil. in 1 St.	Meil. in 1 St.
4	8	1,08	4,34
2,2	6,6	1,38	4,16
1,53	6,12	1,92	3,85
0,00	5,00	2,38	3,58
		3,17	3,17

Man hat auch vorgeschlagen, das Dampfschiff vom Transportfe zu trennen, um den Reisenden auf letzterem mehr Bequlichkeit ohne die Unannehmlichkeiten des Schaukelns, der und des Lärmens der Maschine zu verschaffen, doch ist s bis jetzt noch nicht in Ausführung gebracht. Ein sinnter Mechanismus ist aufserdem von Dickson angegeben, die r nach Erfordern höher oder niedriger zu stellen, damit ets nur bis zu der erforderlichen Tiefe ins Wasser eintau- Eine Anwendung hiervon macht man auch, indem die e zugleich Segel erhalten, und diese bei günstigem Winde eder allein oder zugleich mit der Maschine benutzt werden, Kohlen zu sparen.

Die Kosten eines Dampfschiffes von 100 Tonnen, welches F. tief im Wasser geht, werden auf 6000 Lstl. angegeben. Hauptsache ist zugleich der starke Kohlenverbrauch bei änigen Dampfmaschinen, welche die Schiffe treiben, indem gewöhnliche Maschine von 33 Pferdekräften ohngefähr nur Drittheile desjenigen erfordert, was für eine solche von 14 lekräften verwandt werden mufs. Mit gröfserem Vortheile len auch hierbei die Maschinen von hohem Drucke angelt, allein weil eine solche gleich anfangs bei Norwich zer-

sprang, so werden sie in England wenig oder gar nic
braucht, obgleich die öffentliche Untersuchung genügend
wiesen hat, dafs ohne unverzeihliche Nachlässigkeite
Gefahr damit verbunden ist [1]. In America dagegen sol
Dampfschiffe, mit Ausnahme von etwa einem oder zweie
schinen mit hohem Drucke haben [2]. Genauer giebt Mari
die Elasticität des Dampfes zu zwei Atmosphären an, od
mehr, wenn man den Druck einer Atmosphäre nahe g
1 Kilogr. auf ein Quadratcentimeter rechnet, das Baron
$0^m,75$ angenommen, so zeigt das Manometer des Damp
in der Regel nur $0^m,5$, aber der Dampf entweicht nich
freie Luft, sondern in einen Condensator. Indefs giebt
solche von acht und zehnfachem atmosphärischem Druc
fangs bediente man sich kleinerer Maschinen, jetzt abe
manche auch englische Dampfschiffe zwei Maschinen vo
55 Pferdekräften. Neuerdings sind die für die Damp
anwendbaren Maschinen in vielen Stücken verbessert
Brunel in London, vorzüglich durch die einfache Wei
welche er die rotirende Bewegung der Räder ohne Balan
rect erhält [4].

Den Bau der Dampfschiffe in ihren einzelnen Th
beschreiben, würde zu weitläufig und hier nicht zwec
seyn [5]. Vollständig findet man alles dieses bei Maresti
welchem nur Folgendes entlehnt werden mag. Die Schiff
sind im Allgemeinen flach, und werden durch Schau
und den Widerstand des Wassers gegen deren Schaufeln
stofsen, indem die Kraft der Dampfmaschine diese Rä
treibt, deren Durchmesser selten unter 4 Metres beträg
jenigen Schiffe, welche mehrere Stunden der Strömung
genfahren müssen, haben in der Regel nur einen Kiel, u

---

1 Partington a. a. O. p. 70.

2 Stuart a. a. O. p. 167.

3 a. a. O. p. 48.

4 Revue encycl. 1823. Avr. p. 207.

5 Eine ziemlich vollständige Beschreibung nebst einer e
den Zeichnung findet man bei G. LIII. 70. desgleichen von Ste
Dampfbote nebst geschichtlichen Nachrichten über die Erfindu
haupt in Ann. of Phil. XII. 279.

ler, diejenigen aber, welche in stillem Wasser fahren, beste- aus zwei Kielen, zwischen denen sich nur ein Rad befindet; sind diese aus vielen Gründen weniger brauchbar und sel- ler. *M.*

Dampfwagen.

riot à vapeur; *Steam carriage, Steam cart, lo- otive engine, steam horse.*

Die Idee, Wagen vermittelst der Dampfmaschinen in Be- ung zu setzen, mag wohl nach den Erfindungen und viel- en Verbesserungen derselben durch Watt von vielen ge- und geäufsert seyn. Hierhin gehören die Vorschläge von ier um 1755 und ein noch vorhandenes Modell eines pfwagens, dessen Räder durch eine Dampfmaschine bewegt den, nach der Angabe von Cugnot, welcher ihn 1770 wirk- ausführen liefs [1]. Ausführlichere Vorschläge machte fer- der Americaner Oliver Evans schon 1786 bekannt, auch hte um 1795 der bekannte Mathematiker Robison diesen enstand abermals in Anregung [2], ohne dafs bei der damali- und auch späteren Einrichtung der Dampfmaschinen an die liche Ausführung zu denken war. Erst 1802 verfolgten an und Trevithick dieses Project ernstlicher, kamen ch auf ihre Maschinen mit hohem Drucke, und baueten ter nebst Blenkinsop wirklich solche Fuhrwerke. Man e so gebauet, dafs die Wagenräder durch den Mechanismus ampfmaschinen umgetrieben den Wagen nebst der darauf lichen Maschine und einer Last fortbewegen, gewöhnli- aber ist es, dafs der Dampfwagen für sich durch die Ma- e bewegt, mit seinen gezahnten Rädern in die Getriebe der nbahn eingreift, und durch seine Bewegung andere beladene wagen hinter sich herzieht. Schon 1804 war ein solcher

1. Marestier mémoire sur les bateaux à vapeur des États unis d'A- que. Par. 1824. 4. p. 34. In den 80ger Jahren soll in Paris ein n gezeigt seyn, welcher durch die Reaction einer auf ihm liegen- Aeolipile eine lieue in einer Stunde zurücklegte. S. J. d. ph. XXI, 438.

2. Stuart A descriptive History of the Steam Engine. Lond. 1824. p. 97.

Trevithickscher Wagen bei den Kohlenminen in South·
im Gange, zog Wagen mit 10,5 Tonnen beladen, und
hiermit 5,5 engl. Meilen in einer Stunde [1]. Die Haupt
dabei ist, die Maschine so sehr zu verkleinern, daſs ihr
Gewicht nicht allzu bedeutend bleibt, weswegen nur Ma
mit hohem Drucke dabei angewandt werden können. G
sich indeſs diese Schwierigkeit noch nicht beseitigen lass
weil einigemale durch das Springen der Maschine Ungl
gerichtet wurde [2], so kamen die Dampfswagen wieder in
me, und blieben bloſs noch als Transportmaschinen de
kohlen an einigen Orten in Gebrauch [3]. Ob die *Perki*
Dampfmaschinen zu diesem Zwecke sich brauchbar zeig
den, muſs die Zukunft lehren. Um eine Vorstellung
Sache zu erhalten, diene folgende Beschreibung eines b
gebrauchten, von Blenkinson verfertigten Wagens [4].

Um die einzelnen Theile leichter zu übersehen, is
Fig. 159. Zeichnung die eine Hälfte des Wagens in der Mitte durc
ten. Ein Haupttheil der Maschine ist der ovale Kessel a
eisen b b, welcher aus zwei Hälften gegossen in der M
sammengefügt ist. Unter diesem befindet sich der Heerd
dem Roste c und dem Aschenraume f nebst dem Schorns
alles von Guſseisen, letzterer ohngefähr 9 Fuſs über de
hervorragend. Das zur Dampfbildung bestimmte Wass
giebt den Heerd, der Dampf verbreitet sich in den leere
des Kessels, dessen Deckel zwei Sicherheitsventile h,
zwei in den Dampfkessel herabgehende Stiefel i, i hat
Kolbenstangen einen gleicharmigen, durch das Loch α g
ten Hebelbalken mit zwei Stangen β, β tragen, und dur

---

1 Stuart a. a. O. p. 164.

2 Am 7ten Aug. 1816 sprang der Kessel eines solchen D
gens zu Newbottle in Derham, wobei 50 Menschen verunglückt
wegen viele solcher Wagen wieder abgeschafft wurden. S. Borgn
té de Méc. appliquée aux Arts, Compositions des Mach. p. 123

3 Bemerkungen über die von H. v. Reichenbach angel
Verbesserung der Dampfmaschinen von J. v. Baader. München 1

4 Nach Borgnis a. a. O. p. 123. Vergl. Repertory of Art
factures and Agriculture. IV. Bulletin de la Soc. d'Encouragem
année. Heron de Villefosse de la Richesse minérale. Par. 1
III. 108.

wegung die Kurbelstangen m m umdrehen, welche jede ein ...n mit dreifsig Zähnen, und durch dieses ein anderes Rad o ... 60 Zähnen umdrehen, auf deren Axe das starke gezahnte ... p p befestigt ist, dessen Zähne in die gezahnte Eisenbahn ...eifend den Wagen fortreiben, währen die Last desselben ...den 4 nicht gezahnten Rädern q q, q q . . . ruhet. Das ... der Kolben wird regulirt durch Hähne mit 4 Oeffnungen[1] s ...r-*way-cock*), welche den Dampf aus dem Kessel ent-...er in den Stiefel treten, oder durch das Rohr t entweichen ...n. Zur Steuerung der Hähne dienen die Kurbeln u ...., ...he an den Stangen v v befestigt sind. Letztere sitzen mit ... Enden in den Hebelarmen x, x, deren anderes Ende die ...gen y, y trägt, welche vermittelst aufgeschlitzter Enden auf ...pfen an Kurbeln der Räder n, n befestigt sind. Indem diese ... durch den angegebenen Mechanismus umgetrieben werden, ...wegen sich die Enden der Stangen y y hierdurch sowohl ...ärts als abwärts, zugleich aber werden sie, wenn sie nach ... und unten bewegt sind, so weit angezogen und zurückge-...ben, als erforderlich ist, die Hähne zu drehen, welcher ...hsel bei jedem Umlaufe des Rades Z einmal statt finden ... Endlich wird das, aus dem unter und über dem Embo-...tweichenden Dampfe, condensirte Wasser vermittelst einer ...e aufgefangen und abgeleitet[2]. Die Stiefel stehen, zur ...n Erhaltung ihrer Hitze, im Kessel, und sind oben mit ...ten Wärmeleitern bedeckt, auch umgiebt man den Kessel ...ner Hülle (einer Tonne), welche etwa einen Zoll Zwi-...raum zwischen dem Holze und dem Kessel läfst.

Die beschriebene Maschine, zu *Middleton* bei *Leeds* ge-...t, zieht 30 Wagen mit ohngefähr 70 Ct. Kohlen beladen ... Stunde $1\frac{1}{6}$ lieues weit. Sämmtliche Wagen sind hinter ...der an einer Kette befestigt, so dafs die Maschine beim ...en erst sich selbst und dann stets einen folgenden Wagen

1 Vergl. *Dampfmaschine; einzelne Theile; Steuerung.*

2 Nach der Beschreibung in Borgnis befindet sich noch ein Hahn ...tern Theile des Stiefels, welcher den Dampf unter dem Stiefel ab-... Höchst wahrscheinlich ist aber der Hahn ein doppelt durchbohr-... (four-way-cock) welcher den Dampf zugleich unter und über den ...bolus leitet und auch ableitet. Vergl. *Dampfmaschine.*

in Bewegung setzt, bis sie alle im Gange sind. Nach den laden derselben müſste die Maschine umgedrehet werden. sie aber hierzu zu schwer ist, so kehrt man ihre Bewegu[illegible] indem man den Embolus halb in die Höhe steigen, dann niedergehen läſst, wodurch die Bewegung der Kurbel[illegible] entgegengesetzter Richtung erfolgt. Hierbei schiebt sie d[illegible] ren Wagen vor sich her.

Einige Verbesserungen der Dampfwagen sind [illegible] durch GRIFFITH angegeben, und ist ihm darauf ein Pa[illegible] theilt [1], andere Vorschläge, diese bewegenden Maschinen[illegible] ter und allgemeiner brauchbar zu machen, sind durch [illegible] und WILT bekannt gemacht [2], auch hat man nach [illegible] Nachrichten neuerdings einige Versuche zu Killingwort[illegible] stellt, welche befriedigendere Resultate gegeben haben, früheren. Die Maschine nebst den Wagen mit groſsen beschwert, legte 7 bis 9 engl. Meilen in einer Stunde zu[illegible]

Die neueste und nicht unwesentlich veränderte C[illegible] ction der Dampfwagen ist diejenige, welche TIMOTHEUS [illegible]TALL und JOHN HILL erfunden, und worauf sie ein Pat[illegible] nommen haben [4]. Sie weicht von der mitgetheilten ält[illegible] so fern ab, als die Wagen keine gezahnte Räder habe[illegible] nicht zum Schleppen anderer Lastwagen bestimmt sind, [illegible] selbst als Kutschen zum Transporte der Reisenden dienen Die Maschine darf daher weit weniger kräftig seyn, [illegible] aber ist ein Behälter mit Wasser damit verbunden, welch[illegible] dicht ist, und aus welchem das erforderliche Wasser zu[illegible] füllen des Kessels vermittelst Luftdruckpumpen in den [illegible] gepreſst wird. Wesentlicher aber ist ein Mechanismus, welchen die Maschinerie des Wagens abgestellt werde[illegible] und dieser beim Bergabgehen bloſs seiner eigenen Schwe[illegible] mit hinlänglichen Sicherungsmitteln, daſs dieses ohne

---

1 Lond. Journ. of Arts and Sc. Nro. XXVIII. 1.

2 Edinb. Phil. Journ. XXIV. 418.

3 Bibl. univ. XXVIII. 153.

4 Edinb. Phil. Journal XIII. 349. Genaue Nachrichten [illegible] Erfolg der Versuche mit dieser Maschine sind im Augenblick [illegible] drucks dieses Artikels noch nicht bekannt. Im Allgemeinen [illegible] daſs sie sehr gut gelungen seyn sollen.

schieht, während welcher Zeit indeſs die Hitze des Dampfes 250° F. bis auf 600 und selbst 800° F. (von 96,89 R. bis 2,44 und selbst 341,33 R.) steigen kann, um so viel gröſsere walt beim nächstfolgenden Bergauffahren zu gewinnen. Die schine gehört diesemnach unter die von hohem Drucke, und für einen gewöhnlichen Wagen eine Kraft von 10 Pferden. r sinnreich ist hierbei der unvermeidlichen Erschütterung gebeugt, indem der Kessel in Federn hängt, das Rohr aber, ches den Dampf zum Cylinder führt, einigemale schnecken- g gewunden, und daher für dieses Bedürfniſs genügend ela- ch ist.

Uebrigens ist die Construction so einfach, daſs die Beschrei- g derselben nach ihren wesentlichen Theilen selbst ohne hnung bei gehöriger Kenntniſs der Dampfmaschinen ver- den werden kann, und hier einigen Raum finden möge, weil ganze Einrichtung in dieser Art allerdings eine praktisch liche Anwendung verspricht. Der Dampfkessel mit der rung und dem Schornsteine befindet sich hinter der Hin- e des Wagens, die zwei Stiefel sind vor und in paralleler tung mit derselben lothrecht stehend angebracht. Hier- h kommen die Stangen, welche lothrecht herabgehen, und Hinterräder durch Kurbeln unmittelbar bewegen, gerade die Räder, wo sie an den Balancieren befestigt sind, deren gung durch die vertical auf und niedersteigenden Kolben- n bewirkt wird. Für gewöhnliches Fahren in der Ebene bei mäſsigem Ansteigen des Weges werden bloſs die Hin- er umgedrehet, welche gröſser und ungleich mehr be- rt sind, als die Vorderräder, für steilere Wege aber wird ein durch die Axe der Hinterräder umgetriebenes gezahn- d ein anderes gezahntes gedrückt, welches einen Baum einem Rade umtreibt, und durch letzteres vermittelst einer die Vorderräder mit einer ihrer kleineren Peripherie pro- tionalen gröſseren Geschwindigkeit. Dieser Mechanismus war sehr sinnreich und künstlich unter dem Wagen ange- cht, scheint mir aber ganz überflüssig, weil man sicher kei- Berg hinanfahren kann, dessen Steilheit nicht durch die ung beider Hinterräder überwunden werden könnte, wie auch erforderlichen Falls durch eine Berechnung leicht thun lieſse. Unter dem Wagen ist das Wassergefäſs befind-

lich, der Kutschenkasten hängt zwischen den Hinter- und V
derrädern in Riemen, welche durch Federn straff gezogen s
und ist mit einem über die Vorderräder ragenden Vorbau
Passagiere versehen. Auf einem vor dem Wagen auf einer l
rechten Säule befestigten Bocke endlich sitzt der Lenker,
cher die der Krümmung des Weges angemessene Drehung
Axe der Vorderräder und die Stellung derjenigen Hähne
sorgt, vermittelst deren mehr oder weniger Dampf zugel
und der ganze Mechanismus zum Stillstande gebracht
Dafs übrigens die Maschine Selbststeuerung habe, versteht
wohl von selbst. *M.*

Dasymeter.

Mit diesem Namen (Dichtigkeitsmesser) bezeichnete Defo
ein von ihm angegebenes Instrument, um die veränder
Dichtigkeit der Luft zu messen. Der Name ist vom Griechi
δασύς hergeleitet, das eigentlich *dicht besetzt*, *buschig* bez
net, und also nicht wohl auf die Dichtigkeit eines Fluidum
gewandt werden kann; die Sache selbst ist im Grunde n
anderes, als das *Guerike'sche Manometer*, eine Gl
gel an einem Waagebalken als Luftwaage, und soll daher
dem vom ersten Erfinder angegebenen Namen *Manom*
betrachtet werden. *H.*

Declination, s. Abweichung.

Declinatorium. s. Abweichung
Magnetnadel, u. Compafs.

Dehnbarkeit.

Streckbarkeit, Zähigkeit, Geschmei keit, Ductilität; *Ductilitas;* Ductilité; *Ducti*
Hiermit bezeichnet man diejenige Eigenschaft verschied
Körper, vermöge deren sie bei angewandter äufserer Ge
ihre Form ändern, ohne zu zerreifsen. Sie steht nicht so
der *Härte* entgegen, indem vielmehr manche harte Kö
z. B. Stahl, Kupfer, Platin und andere Metalle allerdings
und dennoch sehr dehnbar sind, als vielmehr der *Sprödigk*
indem spröde Körper keine Veränderung ihrer Form anneh
sondern zerspringen. Nehmen die Körper nach aufhöre

nwirkung der sie ausdehnenden Kraft ihre vorige Gestalt wie-
r an, so nennt man sie elastisch. *Dehnbarkeit* und *Ela-
cität* sind hiernach also verschieden, und es giebt Körper,
B. kaltes Glas, welche sehr elastisch, aber gar nicht dehnbar
nd. Unter den angegebenen Synonymen bezeichnet eigentlich
m Sprachgebrauche nach das Wort *Zähigkeit; Tenacitas;
enacité; Tenacity* diese Eigenschaft am bestimmtesten
d wird auch im gemeinen Leben am meisten gebraucht, in
issenschaftlicher Beziehung aber und rücksichtlich der An-
ndung auf Technologie und Maschinenwesen zeigt sich die
untersuchende Eigenschaft der Körper vorzüglich dann,
nn dieselben *gedehnt* und *gestreckt* werden, namentlich in
n zahllosen Fällen des Drahtziehens und bei der Bereitung der
lien, weswegen dieselbe unter dem gewählten Namen am
glichsten betrachtet werden kann.

Die genannte Eigenschaft ist den verschiedenen Körpern
ter sehr ungleichen Bedingungen mehr oder minder eigen;
erhaupt aber gehört sie unter die sogenannten *relativen
igenschaften* der Körper, welche der Materie nicht allge-
in und absolut zukommen, sondern den verschiedenen Kör-
rn in sehr ungleichem Grade eigen sind, indem diese von den
rödesten zu den minder spröden und wenig dehnbaren bis zu
n dehnbarsten übergehen. Im Allgemeinen, wiewohl nicht
ne Ausnahme, macht die Wärme weniger spröde, und viele
rper erhalten diese Eigenschaft durch einen Zusatz von
chtigkeit. Einige Körper, namentlich Metalle, insbeson-
re Platin, Gold, Silber, Messing, Kupfer, Zinn, Blei und
en sind *unter allen Bedingungen* dehnbar, und besitzen die-
Eigenschaft überhaupt in einem sehr hohen Grade, andere
nd entweder überhaupt, oder mindestens bei *mittlerer Tem-
ratur* gar nicht dehnbar, als Zink, Wismuth, Arsenik, Glas
a. manche werden in *etwas erhöheter Temperatur* dehnbar,
Schellack, Wachs und Zink, noch andere *in einer Hitze,
lche sie fast schmelzen macht*, z. B. Glas, dagegen werden
ssing und Zinn in *einer ihren Schmelzpuncten nahen Hitze*
röde und brüchig. Gummi, Eiweifs, thierischer Leim, vie-
Pflanzenstoffe, so wie auch die Thonerde werden *durch
chtigkeit* dehnbar, und lassen sich oft zu den allerfeinsten,
m Austrocknen erhärtenden Fäden ausspinnen. Im Allge-



meinen endlich sind die *reinen* Körper dehnbarer als *mischten*; jedoch zeigt sich auch hierbei zuweilen eine würdige Abweichung von dem, was man billig vermuthe te. So giebt das dehnbare Kupfer mit dehnbarem Z sprödes Metall, die sogenannte Glockenspeise und ei Spiegelmetall, je nach dem quantitativen Verhältnisse Bestandtheile, mit dem an sich spröden Zink aber d dehnbare Messing. Merkwürdig ist in dieser Hinsicht das Verhalten des *Eisens*. Im reinen Zustande ist als sogenanntes *weiches Schmiedeeisen* sehr zähe un bar, mit etwas Kohlenstoff als *Stahl* zwar härter, ab noch höchst zähe und dehnbar, wenn es nicht durch spröde geworden ist, mit mehr Kohlenstoff verbun *Roheisen* oder *Gufseisen* ist dasselbe in niederer u her Temperatur, mehr jedoch in der ersteren, spröde i nach dem Mischungsverhältnisse der Bestandtheile l oder geringeren Grade, wird durch einen Zusatz von Pl in niederer Temperatur spröde und brüchig (*kaltbrüchige* durch einen geringen Zusatz von Schwefel aber im kalt stande zwar minder streckbar, in der Rothglühhitze ab spröde, so dafs es sich nur schwer oder gar nicht vera läfst, und unter dem Namen des *rothbrüchigen* nicht son geachtet ist[1], der übrigen vielfachen Mischungen dieses les und der durch die zugesetzten Bestandtheile verän Eigenschaften desselben nicht zu gedenken. Indem dies gemeinere aber als bekannt vorausgesetzt werden kan wird es am zweckmäfsigsten seyn, die genannte Eige der Körper an einigen vorzüglich interessanten Beispielen zu erläutern.

Insbesondere hat das *Gold* wegen seiner ausgezeic Dehnbarkeit, wenn es unter dem Hammer der Goldsch und zwischen stählernen Walzen zu dünnen Platten ausg wird, welche zum Vergolden dienen, so wie wegen

---

1 Vergl. Prechtl Grundlehren der Chemie in technische hung. Wien 1815. II vol. 8. II. 120.

2 Man schlug schon in Rom das Gold zu den dünnsten Plin. H. N. XXXIII. 3. welche Lucrez IV. 730. mit einem Spi webe und Martial VIII. 33. mit einem Nebel vergleicht.

streckbarkeit, wenn man dasselbe im Zieheisen der Drahtzieher zu dem feinsten Drahte streckt, von jeher die Aufmerksamkeit und Bewunderung der Naturforscher erregt. MERSENNE, ROHAULT, HALLEY [1] u. a. haben hierüber Berechnungen angestellt, indem sie sich auf diejenigen Thatsachen beschränkten, welche aus den Angaben der Künstler hervorgingen. Genauere Versuche hierüber stellte indefs RÉAUMÜR an [2]. Er fand, dafs bei gewöhnlichem Blattgold 1 Gran dieses Metalles zu 36,5 Quadratzollen ausgedehnt, und eine einzige Unze, welche als Würfel keinen halben Zoll Seite (genauer 5,1964 Par. Lin.) hat, auf diese Weise in eine Fläche von 146,5 Quad. F. ausgetrieben wird.

Bei weitem stärker zeigt sich die Ductilität des Goldes bei der Verfertigung derjenigen Drähte, welche zu den Lyoner Tressen verwandt werden. Diese, wie aller gemeiner sogenannter *Golddraht* bestehen aus Silberdrahte mit einem Ueberzuge von Gold. Man nimmt hierzu eine Stange Silber 15 Lin. im Durchmesser und 22 Z. lang, 45 Mark an Gewicht betragend, und überzieht sie mit einer Unze Gold, zieht sie dann auf die bekannte Weise vermittelst des Drahtzieheisens zu stets feinerem Drahte, welcher überall mit einem dünnen Ueberzuge von Gold bedeckt ist. Durch genaue Abwägungen und Messungen fand RÉAUMÜR, dafs eine Unze des Drahtes 3232 F. lang war, und somit die Länge des Ganzen 1163520 Par. F. betrug. Solcher Draht wird dann um Seide gesponnen, und deswegen vorher zwischen zpei polirten Stahlwalzen platt gedrückt, wodurch seine Länge um $\frac{1}{7}$tel wächst, somit also 1329797 Par. F. oder nahe 60 geogr. Meil. beträgt. Ein solcher flacher Faden hat die Breite von $\frac{1}{8}$ Lin. und eine Dicke von $\frac{1}{3072}$stel Lin., wonach die Unze Gold zu einer Fläche von 2308 Quadratfufs ausgedehnt ist, wenn man beide Flächen des platten Drahtes rechnet. Indem aber die Fläche einer Unze Goldes als Würfel von 5,1964 Lin. Seite nach der oben stehenden Angabe nur 27 Quadratlinien oder 0,0013022 Quadratfufs beträgt, so war sie in der Fläche des Drahtes 1772890 mal enthalten,

1 Phil. Trans. IV. 194. XVI. 540.
2 Mém. de l'Acad. 1713. 199.

Neuerdings hat man die ausnehmende Dehnb
Platins durch WOLLASTON an dem durch ihn verfe
nach ihm benannten *Wollaston'schen Platind*
kannt [2]. Er nahm zur Verfertigung desselben eine c
Form von $\frac{1}{3}$ Z. Weite, befestigte in ihrer Axe einen
von 0,01 Z. Dicke, und goſs die Form mit Silber au
erhaltene Silberdraht wurde vermittelst des Drahtzie
zu $\frac{1}{10}$ Zoll Feinheit gezogen, wonach der Platind
mehr als 0,001 Z. Dicke haben konnte. Durch fo
Ziehen des Silberdrahtes wurde die Dicke des darin e
Platindrahtes fortwährend gleichfalls bis $\frac{1}{4000}$ und
nes Zolles vermindert, und dieses läſst sich noch
die angegebenen Grenzen hinaus fortsetzen. Indeſ
Platin dieses Verfahren bei weitem nicht bis zu
Grenze aus, wie das Gold nach den oben angegeben
chen, denn als WOLLASTON Draht bis zur Feinheit v
Zoll auszog, fand er ihn nicht mehr überall zusamme
sondern stellenweise unterbrochen, auf welche Mange
man bei dem sehr feinen Drahte dieser Art stets ge
muſs. Gewöhnlich verfertigt man solchen Platindr
nur bis zur Feinheit von $\frac{1}{6000}$stel Zoll, und weil er
nur schwer sichtbar und für sich kaum zu halten ist
man das zum Gebrauche bestimmte, noch mit Silber

n Silber verzehrt ist, und der Platindraht für sich zurück gibt [1].

Obgleich indefs solcher Platindraht seit jener ersten Erfindung von vielen Künstlern verfertigt wird, so bleibt das Verfahren doch in gewisser Hinsicht stets etwas unsicher. Einen Silberdraht genau in der Axe und ohne Wellen zu durchbohren, t schwierig; den Platindraht in der Axe einer cylindrischen orm zu befestigen, so dafs er auch beim Umgiefsen des Silbers verrückt darin bleibt, ist nur mit grofser Mühe oder überall num zu bewerkstelligen. Aufserdem darf man keinen zu dicken atindraht nehmen, weil man sonst von seiner Festigkeit nicht berzeugt ist und er Fehlstellen haben kann, an denen er leicht eifst, die Dicke des feineren ist aber an sich mit völliger chärfe schwer zu bestimmen, überhaupt aber kann man bei esem Verfahren nie gewifs wissen, an wie vielen Stellen der atindraht gerissen ist, und der Silberdraht daher ohne ihn während feiner gezogen wird. Ob hierbei ein wiederholtes hitzen den Platindraht geschmeidiger machen und die Dehnbarkeit desselben vergröfsern werde, kann ich aus Mangel an fahrung nicht angeben. Inzwischen ist der Draht, wenn ine Feinheit nicht bis über $\frac{1}{6000}$ eines Zolles hinausgeht, mit snahme sehr weniger Stellen, in der Regel unversehrt, und i, wenn gleich unterbrochenen, doch immer in einzelnen ioken vorhandenen Enden des bis zu weit gröfserer Feinheit, bst bis zu $\frac{1}{30000}$ eines Zolles gezogenen Platindrahtes beisen auf allen Fall die ungemein grofse Dehnbarkeit dieses talles [2]. Diese geht indefs auch aus dem feinen Ueberzuge

1 Prony bei G. LII. 332. will den englischen auf diese Weise verfigten Platindraht bedeutend dicker gefunden haben, als hier angeen wird. Indem aber die Verfertigungsart nicht füglich einen so ben Fehler zuläfst, die Messung aber einen so höchst feinen, für kaum sichtbaren und schwer zu handhabenden Draht leicht feiner dicker zeigt, so ist zu vermuthen, dafs Prony denselben von seinem er gar nicht, oder nur unvollkommen befreiet hat.

2 Altmütter bei G. LVIII. 436. findet Wollaston's Abhandlung den Praktiker auch in Rücksicht auf die Berechnung geradezu lälich, ohne die Gründe dieses Urtheils anzugeben. Gegen die Rechg läfst sich wohl nicht füglich etwas einwenden, wenn anders die gebenen Gröfsen genau gemessen sind. Vergl. Gilbert Ann. LIV.

hervor, womit manche französische Tassen und sonstige Por-
zellan-Gefäfse überzogen sind, indem hierbei das Plat[in in]
gleicher Feinheit, als das Gold bei den Vergoldungen angew[andt]
wird, ohne indefs im eigentlichsten Sinne ausgedehnt od[er ge-]
streckt zu seyn, insofern man den dünnen, jedoch zusam[men-]
hängenden und metallisch glänzenden Ueberzug aus einer [Auf-]
lösung des Metalles bereitet.

Die Dehnbarkeit des *Silbers*, *Kupfers*, *Zinn's*, *B[leies]*
ersieht man aus der Feinheit der dünnen Blättchen, wozu [die-]
selben im Blattsilber oder Silberschaum, dem unächten [Gold-]
schaum, dem Blattzinn oder Stanniol und Rollblei vera[rbeitet]
werden. Auch der ausnehmend feine Silberdraht, woraus [die]
che Kreuze in Fernröhre gemacht werden, die feinsten [mes-]
singenen und stählernen Clavierseiten zeugen für die [große]
Dehnbarkeit dieser Metalle. Eins der merkwürdigsten [unter]
allen ist indefs das *Zink*. Obgleich bei einer Temperat[ur un-]
ter der Siedehitze des Wassers so spröde, dafs es unte[r dem]
Hammer zerspringt und sich pulvern läfst, wird es nac[h]
Hobson und Ch. Sylvester [1] zwischen 100° bis 150° [so]
dehnbar, dafs man es bis zu den feinsten Blechen, wie f[eines]
Postpapier, walzt, und was noch merkwürdiger ist, so e[inmal]
gewalzt behält es einen hohen Grad der Elasticität und [Bieg-]
samkeit auch bei niedrigen Temperaturen bei. Wird inde[fs ge-]
gossenes Zink bis 205° C. erhitzt, so ist es noch spröd[e wie]
bei einer Wärme unter dem Siedepuncte, indem man es d[ann in]
einem Mörser zu Pulver zerstofsen kann. Eben so auff[allend]
ist es, dafs Altmütter dieses Metall, welches auf dem B[ruche]
ein so auffallend krystallinisches Gefüge zeigt, zu sehr f[einem]
Drahte zu ziehen vermochte, und dieses Feinziehen sogar [durch]
erneuertes Anlassen und erhöhete Temperatur bewerkstelli[gte].
Die Feinheit der erhaltenen Probe giebt Gilbert ohne
scharfe Messung zu $\frac{1}{240}$stel Zoll an [2].

22. Sinnreich und zweckmäfsig ist indefs das von Altmütter ge[wählte]
Verfahren, den Platindraht fortwährend mit neuen Lagen von [Silber-]
blech zu umgeben, und vermittelst dessen das Feinerziehen de[sselben]
möglich zu machen.

1 Nicholson's J. XI. 304. Gehlen N. J. VI. 728.
2 G. LVIII. 456.
3 Ebend.

Die Dehnbarkeit des Glases, welche vielleicht nicht hinter r des Goldes und Platin's zurückbliebe, wenn dieser Körper gleiche Cohäsion hätte, als jene Metalle, und die feinsten den desselben sich ohne zu zerreiſsen noch ferner dehnen lien, ist um so viel merkwürdiger, je spröder dieser Körper in d Temperaturen unter der Rothglühhitze ist. Daſs die geolzene und noch glühende Glasmasse als eine zähe Substanz nbar sey und alle möglichen Formen annehme, ist bekannt, wie die vielfachen physikalischen und chemischen Appa-, welche in den mannigfaltigsten Formen theils auf den hütten, theils vermittelst der Blaslampe hieraus verfertigt den. Unter die wunderbarsten Stücke dieser Art gehören ſs die sogenannten *Glasfäden*, welche man an der Lamn höchster Feinheit zu spinnen vermag. Man nimmt hierzu bige Stücke von Glasröhren, am besten schmale Streifen terglas, kann indeſs auch sogenanntes weiſses Beinglas, oder kel gefärbte Glassorten, als mit Goldpurpur gefärbtes rothes mit Kupfer gefärbtes dunkelgrünes, oder mit Schmalte getes dunkelblaues und andere Arten nehmen, in welchem man zwar hell aber kenntlich gefärbte, angenehm glände Glasfäden erhält. So giebt das dunkelrothe Glas licht, das dunkelgrüne hell bläulich grüne, das dunkelblaue sehr laue und dunkelbraunes hell goldgelbe Fäden; das weiſse giebt weiſse, mit Perlmutterfarbe glänzende Fäden. Die teren pflegte man früher von der Dicke etwa eines Menschenzu spinnen, und in der Länge von 5 bis 7 Zoll in Büvon der Dicke eines Fingers zu einem federartigen, allerschönen, Schmucke für die Hüte der Kinder und Damen reinigen. Weil aber diese Fäden zum Theil unter Umständrechen, und kleine Spitzen herabfallen lassen, welche für ngen höchst gefährlich sind, so hat man sie unlängst abafft, und gebraucht sie nur noch auf den Theatern. Weit er waren die Perrücken, welche man aus den weiſsen n verfertigte, indem man sie in kleine Bündelchen band, zu Locken umbog und zu einer solchen Kopfbedeckung inigte, welche in so fern groſse Bequemlichkeit darbot, als keiner Veränderung der Kräuse und der Farbe unterlag, igens aber nicht wenig kostbar seyn muſste. Gegenwärtig det man einzelne Locken dieser Art noch als Rarität in den

Cabinetten oder in Trödelboutiken. Réaumür [1] vermu
die Biegsamkeit solcher Fäden nähme mit ihrer Feinheit zu
würde zuletzt eben so groſs seyn als die der Seide, so daſ
Zeuge daraus zu weben vermögend seyn müsse, wenn m
von gleicher Feinheit als Spinnefäden oder einfache Coco
zu bereiten im Stande wäre. Daſs sie sich indeſs bei g
Feinheit zu Geweben nicht eignen würden, folgt daraus
sie bei weitem die hierzu erforderliche Stärke nicht hab
dem die Cohäsion des Glases die der Seide oder Spinneng
keineswegs erreicht. Von dem geübten Glasbläser He
aus Freiburg im Breisgau habe ich nämlich einige solche
Gespinnste von ausgesuchter Feinheit erhalten, wovon d
sten Fäden wie die Spinnenfäden durch den bloſsen Luft
wegt werden, auch geht die Dicke derselben nach mikr
schen Untersuchungen nicht über die eines gewöhnlichen
aus dem Gespinnste einer groſsen Kreuzspinne hinaus,
ungleich weniger haltbar. Bei ebendemselben habe ic
eine Mütze aus Glasfäden gesehen, welche aus einzelnen
fen derselben geflochten war, sich vollkommen biegsam
von weichem Zeuge verfertigt, zeigte, mit Seifenwasser
stet und gewaschen werden konnte, und wegen gen
Zartheit der einzelnen Fäden den Augen keine Gefahr d
indem sie zu fein und biegsam waren, um zerknickt zu
oder als kurze Enden zu stechen.

Die Art der Verfertigung ist eben so leicht als einfach
bald man sich im Besitze einer guten Blaslampe befindet
dem Blastische selbst, oder neben demselben feststehend,
det sich eine Trommel, deren äuſserer Rand von Hol
Pappe seyn kann, aber so eingerichtet seyn muſs, daſs e
zusammenlegen, und das darauf ausgespannte Gespinnst
frei herabnehmen läſst, um nicht zu zerreiſsen. An de
dieser leichten Trommel befindet sich ein Getriebe, wor
gezahntes Rad eingreift, und die nicht mehr als etwa
15 Z. im Durchmesser haltende Trommel in gröſster Gesc
digkeit umtreibt, denn je schneller dieses geschieht, um s
feiner werden die Fäden. Gut ist es bei der Unmöglichke

1 a. a. O.

mläufe der Trommel zu zählen, wenn man noch aufserdem
nen Mechanismus anbringt, welcher bei hundert Umdrehun-
en gegen eine Glocke schlägt, oder auf eine andere Weise die
ahl der Umdrehungen mechanisch zählt. Auf der Trommel
t ein Zwirnsfaden von etwa zwei Fufs Länge befestigt, mit ei-
em angebundenen kleinen Glasstückchen. Man hält alsdann
s zu Fäden auszuspinnende Glasstückchen in die Flamme der
slampe, schmelzt an das erweichte Ende das Glasknöpfchen
n Zwirnsfaden, und indem man demnächst die Trommel schnell
laufen läfst, spinnt man das Glas in gröfster Feinheit, etwa
80 Secunden 1000 Umgebungen der Trommel, wozu indefs
rdings grofse Uebung und Fertigkeit gehört. Es hat mir zu-
len geschienen, als ob die Fäden stellenweise gespalten oder
ppelt wären, jedoch mufs ich dieses als ungewifs dahin ge-
llt seyn lassen.

Man will früher gefunden haben, dafs die auf ähnliche
ise gesponnenen Glasfäden nicht völlig rund seyen, sondern
fs ihr Durchschnitt ein abgeplattetes Oval bilde, dessen län-
re Axe die kürzere 3 bis 4mal übertreffe [1]. Nach den weni-
n mit sehr feinen Fäden von mir angestellten mikroskopischen
tersuchungen mufs ich diese Behauptung in Zweifel ziehen,
lche sich vermuthlich auf eine einzelne oder wenige, mit ei-
n zufällig so gestalteten Glasfaden angestellte, Beobachtun-
n bezieht. Aufserdem steht dieselbe im Widerspruche mit
njenigen, was neuerdings Deuchar [2] gefunden haben will.
ser hat nämlich solche Fäden untersucht, ihre Feinheit au-
rordentlich gefunden, so dafs ihr Durchmesser kaum 0,3 des
rchmessers eines Menschenhaares von mittlerer Dicke aus-
cht, zugleich aber will er beobachtet haben, dafs sie allezeit
Form des Glases beibehielten, aus welchem sie gesponnen
rden. War dasselbe demnach eine Röhre, so soll auch der
sfaden eine Röhre, wenn auch eine noch so enge seyn, wo-
n er sich überzeugte, als er solche Glasfäden unter Wasser
te und exantlirte [3]; und auf gleiche Weise soll aus einem Par-

1 Brisson Dict. rais. de Phys. art. Ductilité. Ihm folgt Gehler
571.

2 Ann. of Phil. 1822. Nov. 358.

3 Es scheint mir nach meinen Erfahrungen unmöglich, solche fei-

allelepipedon, einem dreiseitigen Prisma oder einer auf solche Weise mit Hervorragungen geformten Stange, wie die Stahlstäbe sind, woraus die Getriebe in den Uhren verfertigt werden, ein Glasfaden hervorgehen, welcher auch bei gröfster Feinheit diese Form völlig beibehält; endlich sollen auch selbst die Farben, wenn deren verschiedene vereinigt gesponnen werden, in den feinsten Glasfäden noch einzeln sichtbar seyn. Es läfst sich für diese Behauptung allerdings anführen, dafs man auf gleiche Weise flache Glasröhren mit einem gleichfalls flachen innern Raume verfertigt, indem man eine runde Glasmasse mit einer runden Höhlung auf einem Ambos platt klopft und dann zu Röhren auszieht; auch behalten sehr fein ausgezogene Glasröhren in der Regel ihre, wenn auch sehr enge, Höhlung bei. Auf der andern Seite aber ist Letzteres nicht allezeit der Fall, indem oftmals, insbesondere bei stärkerer Hitze, die Höhlung zugeschmolzen wird, welches schon gegen Deuchar zeugt, und aufserdem scheint es fast unmöglich, dafs aus einer geschmolzenen Glasmasse, woraus die Fäden gesponnen werden, letztere in der ursprünglichen Gestalt des angewandten Glasstückchens hervorgehen sollten, da nach beendigter Operation das Ende des gebrauchten Stückes zu einem in eine Spitze auslaufenden Kegel zusammengeschmolzen erscheint.

Ein interessantes Beispiel der Dehnbarkeit des Glases zeigt sich, wenn man eine nicht zu enge Glasröhre an einem Ende zuschmelzt, vermittelst der Blaslampe zu einer mäfsigen Kugel aufbläfst, diese abermals hinlänglich glühend macht, und so stark aufbläfst, dafs sie platzt, wodurch einzelne Theile derselben so dünn werden, dafs sie das bekannte Farbenspiel dünner Blättchen zeigen, und wie eine Pflaumfeder durch den Luftzug in die Höhe gehoben werden.

Unter den weichen, durch ihre Dehnbarkeit ausgezeichneten Stoffen ist das Gewebe der Spinne merkwürdig, und erhält seine grofse Biegsamkeit höchst wahrscheinlich gleichfalls durch seine aufserordentliche Feinheit. Die Masse, woraus der *Spinnefaden* gesponnen wird, ist ein klebriger Saft, welcher

---

ne, mit Luft erfüllte, Röhrchen zu erhalten, als ich die Glasfäden kenne.

ünf Warzen am Hintertheile der Spinnen enthalten ist, und
einem feinen Faden ausgezogen an der Luft erhärtet, ohne
ie Dehnbarkeit gänzlich zu verlieren, denn ein solcher läfst
ı mit gehöriger Vorsicht fast bis zur doppelten Länge aus-
nen, und zieht sich bei nachlassender Spannung völlig wie-
zu seiner vorigen Länge zusammen [1], verliert indefs mit der
, wahrscheinlich wegen allmäliger Austrocknung, diese aus-
ichnete Dehnbarkeit und Elasticität. Die Feinheit dieser
en geht indefs ganz ins Unglaubliche. Der klebrige Saft
lich kommt aus den genannten fünf Warzen, und vereinigt
zu einem einzigen Faden, welcher sich mit Vorsicht wieder
eine fünf einzelnen Stränge theilen läfst, wenigstens wenn
hierzu einen von einer grofsen Spinne erhaltenen nimmt.
eder Warze will man aber gegen 1000 feine Oeffnungen
:h Vergröfserungsgläser entdeckt haben, aus welchen der
quillt, und diesemnach müfste ein einziger Faden aus 5000
elnen Fädchen bestehen, wovon sich indefs der Beweis aus
ıt begreiflichen Gründen nicht mit völliger Schärfe führen
:. Bei kleinen Spinnen, welche die feinsten Fäden liefern,
die Warzen noch mit blofsen Augen nicht sichtbar, woraus
unglaubliche Feinheit der einzelnen Theile solcher Fäden
selbst hervorgeht.

Dafs auch verschiedene vegetabilische Körper sich in un-
:hen Graden dehnbar zeigen, darf als bekannt vorausgesetzt
den, ohne dafs es sich der Mühe lohnt, einzelne Beispiele
von anzuführen.

Man hat oft nach der eigentlichen Ursache der Dehnbarkeit
Körper gefragt. Berücksichtigt man blofs das Phänomen an
, so werden bei der Ausdehnung der Körper ihre Bestand-
le nur in eine andere Lage gebracht, oder aber die Form
Körper wird verändert, ohne die Cohäsion der Theile zu
winden. Genau genommen kommt also die ganze Frage
uf zurück, warum gewisse Körper in einem so ausgezeich-

1 Prevost bei G. XL. 211. Ich selbst habe die Fäden, vorzüg-
lie frischen, zwar dehnbar gefunden, aber nicht in dem angegebe-
Grade, auch zogen sie sich nicht ganz wieder zu ihrer vorigen Län-
sammen. Sonst kann man beim Weben der Kreuzspinnen die gro-
lasticität der Fäden am besten beobachten.

neten Grade diese Veränderung der Lage ihrer Theile gestatten, und obendrein auf eine solche Weise, dafs ihre Masse verschwindend klein wird, ohne Aufhebung der Cohäsion. Diese Frage genügend zu beantworten, fehlen uns indefs die erforderlichen Bedingungen. Wir kennen nämlich die Gesetze der Cohäsion blofs in sofern, als wir das Gemeinsame der Erfahrungen in Regeln, welche für die praktische Anwendung brauchbar sind, vereinigen, ohne über die eigentliche Ursache derselben uns irgend ein Urtheil anmafsen zu können, obgleich wir sie auf die der Materie eigenthümlich zukommende Anziehung zurückführen [1]; noch weit weniger aber kennen wir die Beschaffenheit der einfachen Bestandtheile oder der Elemente der Materie, welche uns nothwendig bekannt seyn müfste, wenn wir uns anmafsen wollten, die Frage genügend zu entscheiden, warum gewisse Körper sich in einem so viel vorzüglicheren Grade dehnbar zeigen als andere. Wir müssen uns also auch hier vorläufig mit der Kenntnifs der Erscheinungen begnügen, welche die Erfahrung uns darbietet, bis es uns gelingt, tiefer in das Wesen der Dinge einzudringen. *M.*

Dehnkraft

heifst nach Kant diejenige Grundkraft der Materie, durch deren Conflict mit einer andern Grundkraft, nämlich der *Ziehkraft*, die Existenz der Materie bedingt, und eigentlich erst gegeben wird, indem sie ohne die eine oder die andere derselben überall nicht seyn, nicht bestehen könnte. Manche Anhänger Kant's versuchten es späterhin, aus dem Conflict dieser beiden Kräfte die meisten oder alle Erscheinungen in der Natur zu erklären, allein weil dieses nicht ohne grofsen und auffallenden Zwang geschehen konnte, und der Gang der Naturphilosophie in Deutschland auch bald eine andere und schnell wechselnde Richtung bei denjenigen nahm, welche sich nicht einfach an die Erfahrung und die unmittelbar aus dieser folgenden Gesetze hielten, so wurden diese Versuche bald wenig beachtet. Indefs wurde noch immer viel von *Grundkräften* geredet, wozu hauptsächlich Dehnkraft mit gehörte, von einer

1 S. *Cohäsion*. Vergl. Robison Mech. Phil. I. 385.

ıg der Naturerscheinungen aus derselben, und von ei-
namischen Systeme der Physik. Abstrahirt man
›n dem erwähnten Satze der Kantischen Dynamik, daſs
Dehnkraft und *Ziehkraft* zur Existenz der Materie
ıglich nothwendig erfordert werden, welcher bei den
hungen über das Wesen der Materie, näher geprüft
muſs, so fällt die Dehnkraft als gleichbedeutend mit
'oſsenden Kraft, Repulsivkraft, Abstoſsung
n, welche oben schon untersucht ist.[1]. *M.*

ascension. S. Absteigung.

Destillation.

ıtio; Destillation; *Distillation;* heiſst diejenige
ı, vermöge welcher eine Materie in Dampfform über-
der gebildete Dampf an einem andern Orte durch Er-
n tropfbarflüssigen Zustand zurückgeführt und so auf-
wird. Der Apparat, in welchem diese Operation vor-
n wird, ist der *Destillationsapparat* oder das
ɜug. Er besteht wesentlich aus 2 Theilen, aus einem,
relativ wärmer erhält, und in welchem die Verdam-
olgt, und aus einem, der eine niedrigere Temperatur
m die gebildeten Dämpfe zu verdichten. Je nachdem
: 2 Haupttheile einrichtet, entstehen vorzüglich fol-
rschiedenheiten: Bei der sogenannten *destillatio per*
ı befindet sich die zu erhitzende Materie auf einer
ɜr auf einem durchlöcherten Bleche. Im ersteren Falle
›en verschlossener Cylinder darüber gestülpt, dessen
e Schale enthaltender Theil mit Feuer umgeben wird,
ler untere offene Theil in Wasser taucht, durch wel-
die Dämpfe der aus der Schale verflüchtigten Materie
ch des Quecksilbers) verdichten. Befindet sich die
ınde Materie auf einem durchlöcherten Bleche, so ist
s ein Topf gestülpt, den man mit Feuer umgiebt;
die Löcher des Bleches hindurch gehenden Dämpfe
n einen darunter befindlichen kalt gehaltenen Topf,
n sie sich verdichten. — Bei der *Destillatio obliqua,*

---

[1] gl. *Abstoſsung. Materie.*

per latus, *per inclinationem* wird die Materie in der R
erhitzt, einem mehr oder weniger kugelförmigen, und
nem schief einmündenden Ausgangsrohre, dem *Hals*
sehenen Gefäfse. Die in der Retorte entwickelten Dän
geben sich durch den Hals entweder unmittelbar in die V
oder zwischen beiden befindet sich noch ein in der Mitt
förmig erweiterter Canal, der *Vorstofs*, in welchem
dichtung eines grofsen Theiles der Dämpfe erfolgt. —
destillatio per adscensum endlich wird die Materie i
Gefäfse mit weiterer, nach oben gerichteter, Mündun
Dieses Gefäfs heifst bald ein *Kolben* (wenn die Mün
nen etwas längeren und engeren Hals darstellt) bald ein
(wenn sie kürzer und weiter ist). Auf der Mündung
bens oder der Blase ist der *Helm* befestigt, welcher
pfe aufnimmt, und durch seinen Schnabel in denjeni
des Apparates leitet, in welchem die Erkältung eintr
Bisweilen ist dieses blofs eine Vorlage; in den meist
dagegen befindet sich zwischen dem Helmschenkel und
lage irgend ein Abkühlungsapparat, z. B. ein in dem
tem Wasser gefüllten *Kühlfasse* befindliches *Ki*
welches bald gerade, bald schlangenförmig, bald a
wunden ist, und oft noch in Erweiterungen übergeht
die Abkühlung des Dampfes durch das umgebende W
fördern.

Meistens wird die Destillation bei gewöhnlich
drucke vorgenommen; soll sie hier nicht sehr langsam
gehn, so mufs die Materie auf diejenige Temperatur
werden, bei welcher der entstehende Dampf dem Lu
das Gleichgewicht hält. Ist der Destillationsapparat
luftleer, so erfolgt die Destillation schon bei niedrige
ratur sehr rasch, wenn nur die Vorlage kälter ist, als
in welchem die Materie verdampfen soll. Zwar ist
Wärme erforderlich, um eine gleiche Quantität der F
als Dampf überzuführen, dieses erfolge in Luft erfüllte
bei höherer, oder in luftleerem Raume bei niedriger
tur.[1]; da jedoch Wärme von geringer Intensität oft

---

1 S. *Dampf* Th. II. S. 293. ff.

erhalten werden kann, z. B. Sonnenwärme, oder die Wärme, die das Wasser des Abkühlungsapparats annimmt, so würde in mehreren Fällen die Destillation im luftleeren Raume vortheilhaft seyn [1]. Die in der Vorlage sich ansammelnde Flüssigkeit ist das *Destillat*.

Die Destillation wird meistens in der Absicht unternommen, um eine flüchtigere Materie von einer minder flüchtigen zu scheiden, welche als sogenanntes *caput mortuum* oder, wenn es eine Flüssigkeit ist, als *Phlegma* in dem Destillirgefässe zurückbleibt. Ist bei der ersten Destillation von Letzterer eine grofse Menge mit übergegangen, so nimmt man häufig eine nochmalige Destillation, *Rectification* des Destillats vor, die man unterbricht, sobald die flüchtigere Materie völlig verdampft ist; eine Operation, die mehrmals wiederholt werden kann. Giefst man das Destillat auf den Rückstand des Destillirapparats zurück oder auf frische Materie, und destillirt von Neuem, so ist dies die *Cohobation* [2]. *G.*

Diaphanometer. s. Durchsichtigkeit.

Dichtigkeit.

Dichte; *Densitas*; Densité; *Density*; bezeichnet eine der sogenannten relativen Eigenschaften der Körper, welche der Lockerheit entgegensteht. Diesemnach nennt man Körper mehr oder weniger locker, wenig oder mehr und dicht u. s. w.; auch ist bekannt, dafs verschiedene Körper sich aus dem einen dieser Zustände in den andern übergehen, wobei allezeit eine Vergleichung mit andern Körpern oder einer anderweitigen Beschaffenheit der nämlichen zum Grunde liegt. Wenn schon hieraus hervorgeht, dafs der Ausdruck *Dichtigkeit* nichts *Absolutes*, sondern blofs etwas *Re-*

---

[1] Vergl. Smithson Tennant in J. de ph. LXXXIX. 134.

[2] Ueber die mannigfaltigen beim Branntweinbrennen empfohlenen Destillirapparate s. unter andern: Gilb. Ann. LXIV. 172 u. 178. Buchner Repertor. VII. 96; IX. 341; XIV. 26 u. 339; Scherer Nord. Annal. Anhang II. 66; IV. 394. Dingler polytechn. J. XV. 312; Hermbstädt Duportal chem. Grunds. der Kunst Branntwein zu brennen. Berl.

latives bezeichne, so geschieht dieses noch mehr, sobald die wissenschaftliche Feststellung desselben berücksichtigt. Bestimmung der Dichtigkeit eines Körpers beruhet nämlich einer Vergleichung der Masse (der wägbaren Bestandtheile, Elemente) desselben und des Raumes, welchen diese ein men, und steht im geraden Verhältnisse der ersteren un umgekehrten des letzteren. So sagt man ein Körper sey n so dicht, wenn er in einem gleich grofsen Raume n mal so Masse enthält, als ein anderer, oder wenn bei gleicher beider der Raum, welchen er einnimmt, n mal kleiner ist. man aber hierbei einen bestimmten Körper als Mafs zur gleichung annehmen mufs, so hat man hierzu das reine W im Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit gewählt, weil man überall leicht und in gehöriger Reinheit haben kann, mit selben aber nach hydrostatischen Gesetzen alle übrigen K nicht blofs ohne grofse Schwierigkeiten, sondern auch m serordentlicher Schärfe und Genauigkeit verglichen werden nen. Hieraus ergiebt sich aber wiederum, dafs die Dich der Körper mit ihrem specifischen Gewichte zusammenfäl

Hierbei ist indefs Folgendes zu berücksichtigen. Ma bei der Bestimmung der Dichtigkeit der Körper wohl scheiden, ob dieselbe eine *gleichmäfsige* oder eine *ung mäfsige* [2] sey. Das erstere findet statt, wenn in jedem grofsen Raume, welchen die einzelnen Theile eines K einnehmen, gleichviele Massentheilchen desselben ent sind, das Letztere, wenn die Menge der Massen in den e nen Räumen ungleich vertheilt ist. Die Körper nämlic seyen fest, tropfbar flüssig oder expansibel, bestehe gleichartiger Masse oder aus ungleichartigen, mit einand bundenen, zusammengemengten Bestandtheilen, und in Fällen kann ihre Dichtigkeit gleichmäfsig oder ungleich seyn. Im ersteren Falle, wenn die Körper aus hom

---

1 S. *Gewicht; specifisches.*

2 Dem gewöhnlichen Sprachgebrauche nach nennt man d per *gleichförmig* oder *ungleichförmig* dicht. Weil aber kei hierbei in Betrachtung kommt, und man aufserdem sagt, die M *gleichmäfsig* oder *ungleichmäfsig* vertheilt, so habe ich di drücke lieber aufnehmen wollen.

sé bestehen, und überall gleich erwärmt sind, werden sie
h gleichmäſsig dicht seyn, es sey denn, daſs einzelne Theile
ch Compression oder durch sonstige Ursachen eine gröſsere
htigkeit erhalten haben als andere. So werden Metalldrähte
ch das Ziehen auf ihrer Oberfläche dichter [1], Metalle und
einzelnen Theile des Glases durch ungleiches Erkalten mehr
r weniger dicht. In der Regel aber darf man annehmen,
s völlig gleichartige Körper auch überall gleichmäſsig dicht
d, wenn anders ihre Temperatur überall gleich ist. Weil
r alle Körper durch Wärme ausgedehnt werden, so werden
che Mengen der Bestandtheile bei höherer Temperatur einen
ſseren Raum einnehmen, und sonach weniger dicht seyn,
h ist die Ungleichheit allezeit um so viel gröſser, je bedeu-
der die Ungleichheit der Temperatur der einzelnen Theile
letztere aber kann wieder um so viel gröſser seyn, je
echtere Wärmeleiter die Körper sind, und je stärker sie
ch die Wärme ausgedehnt werden. Hauptsächlich auffal-
ist daher eine ungleichmäſsige Dichtigkeit bei dem Glase,
auf manche Erscheinungen der Lichtpolarisation beim
chgange des Lichtes durch ungleich erwärmte, und daher
leich dichte Glasstücke beruhen, indem zwar das Glas durch
me weniger ausgedehnt wird, als Metalle, zugleich aber
elbe ungleich schlechter in seiner Masse fortleitet; bei wei-
am ungleichmäſsigsten aber ist die Dichtigkeit der Flüssig-
en, sowohl der tropfbaren als auch der expansibelen, weil
diesen beide Ursachen zusammenwirken, nämlich sowohl
gröſsere Ausdehnung durch Wärme als auch die schlechtere
tleitung derselben, und indem in gleichartigen Medien die
chung des Lichtes der Dichtigkeit proportional ist, so wer-
viele optische Erscheinungen aus dieser ungleichen Bre-
ung erklärbar [2]. Bei gemengten, aus ungleichartigen Theilen
ammengesetzten, Körpern ist die Dichtigkeit der einzelnen
ssen oft sehr verschieden, und zwar am auffallendsten, wenn
Ganze aus gröſseren heterogenen Massen zusammengesetzt
Beispiele dieser Art geben die grobkörnigen gemengten
birgsarten, z. B. der Granit, die Erze mit den Gesteinen,

---

1 Vergl. *Cohäsion; absolute Festigkeit.*

2 Vergl. unter andern *Luftspiegelung.*

worauf sie sitzen, die Vegetabilien, z. B. Bäume in ih
zelnen Theilen, namentlich der Rinde, dem Splint u
Stammholze, die thierischen Körper nach ihren Haupt
theilen, den Knochen, dem Muskelfleische, Blute,
s. w. insbesondere aber die heterogenen Flüssigkeiten,
bei ihrer Vereinigung sich nicht vermischen. Haupt
aber kommt die ungleichmäſsige Dichtigkeit bei denjenig
pern in Betrachtung, deren Masse mehr oder minde
Zwischenräume enthält, welche mit tropfbaren oder e
belen Flüssigkeiten erfüllt sind. Bei der Bestimmung de
tigkeit der expansibelen Flüssigkeiten endlich kommt n
jenige Druck in Betrachtung, durch welchen sie von
comprimirt werden, indem sie sonst vermöge ihres w
chen Charakters der Expansibilität sich bis ins Unmeſsb
dehnen, und somit ihre Dichtigkeit ändern [1].

Bei der Bestimmung der Dichtigkeit der Körper, s
von gleichmäſsiger oder ungleichmäſsiger Dichtigkeit,
von gleicher oder an den einzelnen Theilen von un
Temperatur, aus gleichartigen oder ungleichartigen Mas
sammengesetzt, sucht man die *mittlere Dichtigkeit*
der des Ganzen oder der einzelnen Theile. Hierbei gie
weder das Verfahren, wodurch man überhaupt die Dic
bestimmt, ihre mittlere Dichtigkeit unmittelbar, z. B
man das spec. Gew. der Erze, der gemengten Gebirgsart
Metalllegirungen u. s. w. vermittelst der hydrostatischen
findet, oder man sucht die Dichtigkeiten der einzelnen Be
theile und findet hieraus, mit Rücksicht auf die Grö
einzelnen Massen, die mittlere Dichtigkeit, oder endlic
corrigirt die bekannte Dichtigkeit nach dem gleichfalls b
ten Einflusse der Wärme und des äuſseren Druckes.
man z. B. die mittlere Dichtigkeit einer in einem Gefäſse l
lichen Quantität einer tropfbaren oder expansibelen Flü
bestimmen, so müſste man die Abwägung bei einer ge
Temperatur vornehmen, und das gefundene Resultat na
Ausdehnung derselben durch die Wärme corrigiren, inde
entweder die Temperatur der einzelnen Schichten mäſse

1 Vergl. *Luft.*

mittlere Temperatur des Ganzen vermittelst eines Thermo- ...ers bestimmte, dessen Cylinder mit den sämmtlichen Schich- ...in Berührung seyn müſste, wobei die expansibelen Flüssig- ...ten noch eine Correction wegen des Druckes bedürfen, unter ...chem sie sich befinden.

Bei der Bestimmung der Dichtigkeiten der Körper werden ..., wie oben angegeben ist, die Dichtigkeiten, die Massen ...ngen der schweren Massentheilchen) und die Volumina (die ...me, welche diese Massentheilchen einnehmen) mit einander ...lichen, und es sind die Dichtigkeiten zweier Körper den ...en directe, den Räumen aber umgekehrt proportional. ...es giebt also allgemein, wenn man die Bezeichnungen ...d d; M und m; V und v für die Dichtigkeiten, die Massen die Volumina wählt,

$$D : d = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}.$$

$$D : d = Mv : mV.$$

Sind demnach die Massen oder die Gewichte gleich, so ist

$$D : d = v : V,$$

wenn wiederum die Volumina gleich sind, so ist

$$D : d = M : m,$$

folgt hieraus, auf den Fall, wenn man die Massen aus ...Dichtigkeiten und Voluminibus berechnen will

$$M : m = DV : dv \text{ und } V : v = \frac{M}{D} : \frac{m}{d}.$$

In allen diesen Formeln aber kann man auch P und p statt ...d m setzen, wenn man damit das absolute Gewicht be- ...net, indem die Massen dem Gewichte deswegen gleich ..., weil alle Materie gleich schwer ist, folglich die graviti- ... Masse durch das Gewicht angegeben werden muſs. Sind ...ch die verglichenen Körper ähnliche feste Körper, so sind ...Volumina derselben den Cubis der Halbmesser bei der Ku- ...rm, oder ähnlich liegender Seiten bei andern Formen pro- ...tional, welche Werthe dann statt V und v gesetzt werden ...men. So ist z. B. für Kugeln vom Halbmesser r und R

$$D : d = Mr^3 : mR^3$$

l wenn $m = 1$ und $r = 1$ genommen wird,

$$D : d = M : R^3; \text{ und für } d = 1 \text{ ist } D = \frac{M}{R^3}.$$

Eine Angabe der Dichtigkeiten der verschiedene ist überflüssig. Es ist nämlich oben schon erwähnt, hierbei das Wasser als Einheit annimmt, und sich de nach hydrostatischen Gesetzen bedient, um die Dicl zu finden; woraus folgt, daſs die Dichtigkeit dem sp Gewichte gleich ist. Bei tropfbaren Flüssigkeiten ist einzige zulässige Mittel zur Bestimmung der Dichtigke denn, daſs man ein gleich groſses Gefäſs damit anfü Gewicht desselben $= p$ suchen, das nämliche Gefäſs ser gleichfalls wiegen wollte, und dabei letzteres $=$

so wäre $d = \frac{p}{p'}$, die Dichtigkeit des Wassers $=$

Auf gleiche Weise findet man auch die Dichtigkeite pansibelen Flüssigkeiten. Sollen die Dichtigkeiten zw Körper mit einander verglichen werden, deren Volum gemessen werden können, so sucht man die absoluten derselben P und p, und hat dann

$$D : d = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}.$$

Kennt man aber das absolute Gewicht eines be Volumens Wassers, z. B. eines Kubikfuſses $= p'$ und die Dichtigkeit eines festen Körpers $= D$ bestimmen Wassers $= 1$ gesetzt, so sucht man das absolute Gew das Volumen desselben in Kubikfuſsmaſse $= v$ und

$D = \frac{p}{vp'}$; woraus, wenn die Volumina gleich sind, wird.

Unter den Körpern, wie sie ohne künstliche Ei gen auf der Erde sich finden, sind die dichtesten di die dünnsten die Gasarten und Dämpfe; indem die D der Gase aber von der Temperatur und dem Drucke solchen Grade abhängt, daſs man sie zugleich die d und auch die dünnsten Substanzen nennen könnte [1], d heit der Dämpfe mancher Körper aber gar nicht be und die Dichtigkeit der Dämpfe überhaupt selbst im des Maximums ihrer Dichtigkeit bei abnehmender Te

1 S. *Luft*.

ılle Messung geringe wird, so läfst sich nicht füglich eine ıichung der Extreme der Dichtigkeiten in der Natur an-ı. Hieraus ergiebt sich von selbst, dafs Substanzen, wel-ıter gewissen Bedingungen sehr leicht wägbar sind, unter ı viel zu dünn werden, als dafs eine Wägung derselben ıh seyn sollte, und hiernach bleibt es allezeit fraglich, ob ıgenannten Inponderabilien wirklich unwägbar sind oder

Diejenigen Substanzen übrigens, deren Dichtigkeit man ı des grofsen Unterschiedes unter ihnen gewöhnlich zu ichen pflegt, sind das schwerste unter den Metallen, das und die leichteste Gasart, das Wasserstoffgas. Nimmt lie Dichtigkeit des Letzteren gegen atmosphärische Luft, ıei 0° Temperatur und 28 Z. Barometerstand = 0,0680 : 1, ie Dichtigkeit der Luft gegen Wasser = 0,00128308 : 1, chtigkeit des Platins gegen Wasser aber = 21 : 1; so ist chtigkeit des Platin's gegen Wasserstoffgas unter den an-nen Bedingungen = 240688 : 1. Auch hieraus ergiebt lafs Körper, welche in einem gleichen Verhältnisse der ;keit zum Wasserstoffgas ständen, für unsere Waagen un-: seyn müfsten.

'eber das eigentliche Wesen und die Endursache der Dich-etwas ausmachen zu wollen, oder anzugeben, warum en Substanzen eine gröfsere Dichtigkeit eigenthümlich ist lern, liegt ganz aufser unserer Befugnifs, indem wir weder emente der Körper noch die Ursache ihres Zusammen-ı, viel weniger also des engeren oder lockerern kennen. ıt dicht ist kein Körper, indem dieses nach unseren Be-ı voraussetzen würde, dafs er durch kein Mittel dichter ı könnte, da wir doch alle uns bekannte Körper durch hung der Wärme an Volumen abnehmen sehen. Diese ıcht bewog Newton anzunehmen, dafs selbst die dichte-örper, als namentlich das Gold, nur eine geringe Quan-ıaterie und verhältnifsmäfsig eine grofse Menge Poren ıerer Zwischenräume enthielten [1]. Wenn man indefs die ı als absolut repulsives Princip ansieht [2], und annimmt, ıe Metalle bei der Verminderung derselben die uns be-

---

[1] Hutton Dict. I. 403.
[2] Vergl. *Abstofsung*.

kannte Zusammenziehung fortwährend befolgen, so müßte sie bei dem absoluten Nullpuncte vollkommen dicht seyn, [illegible] es könnte dann ihre Dichtigkeit nicht so ungeheuer vergrö[illegible] seyn, als man nach Newton annehmen müßste, wenn [illegible] der absolute Nullpunct nicht tiefer als bei — 640° C. [illegible] wofür wenigstens einige triftige Gründe entscheiden[1]. [illegible] führen solche Betrachtungen, wie man sieht, zu sehr [illegible]pothetische Voraussetzungen. M.

Differenzialbarometer.

Diesen Namen giebt Dr. August[2] in Berlin einem von ih[illegible]fundenen abgekürzten Barometer, das die Dichtigkeit der [illegible] durch die Höhe einer Quecksilbersäule mißt, vermittelst [illegible]cher ein gewisses Quantum eingeschlossener Luft compr[illegible] wird. Das Instrument besteht aus zwei Glasröhren, einer [illegible]tern oben verschlossenen L, in welcher die Luft eingeschl[illegible] wird, und aus einer offenen Barometerröhre a b, deren [illegible] nach Belieben auf die Hälfte, ein Drittheil oder Viertel de[illegible] wöhnlichen Barometers gebracht werden kann. Durch Ei[illegible]ßen von oben bei b, oder durch Druck von unten bei d [illegible] Quecksilber in beide Röhren gebracht, und dadurch die Luf[illegible] Gefäße L zusammengedrängt. Der Widerstand, den sie die[illegible] Druck entgegensetzt, läßt das Quecksilber nur auf eine ge[illegible] Höhe z. B. bei c steigen, treibt aber dagegen dasselbe in [illegible] offenen Schenkel a b desto höher, etwa bis β. Diese let[illegible] Höhe wird desto größer, je mehr die Luft in L verdichtet w[illegible] sie ist also auch größer, wenn die eingesperrte Luftmasse [illegible]sprünglich größere Dichtigkeit besaß, und sie wird som[illegible] richtiges Maß der Dichtigkeit der Luft. Hat man also [illegible] am Fuß eines Berges die Luft im Gefäße L abgeschlossen [illegible] bei c comprimirt, und wiederholt den nämlichen Versuch [illegible] der Luft, auf dem Gipfel desselben bei gleicher Temperatur [illegible] wird das Verhältniß der Quecksilberhöhen in der Steigröhre [illegible] das Verhältniß der Dichtigkeiten der Luft in den zwei Stati[illegible] angeben. Kennt man nun das Maß der Verdichtung, so l[illegible]

Fig. 160.

1 Vergl. *Nullpunct, absoluter.*
2 Poggendorf Ann. III. 329.

hieraus auch die wirklichen Barometerstände selbst herlei-
Dieses ergiebt sich aus folgendem:

Vor der Abschliefsung der Luft bei d ist ihre Expansivkraft barometrischen Druck gleich, und diesem hält die frei zu-gende Luft in der Röhre a b das Gleichgewicht. Diese Ge-wirkung dauert, da die Steigröhre oben offen ist, fort, auch dem die Luft in L abgeschlossen ist. Wird nun durch das dringen des Quecksilbers die Luft verdichtet, so vermag sie höhere Säule, als diejenige des Barometerstandes zu tragen, das Quecksilber erhebt sich in der Steigröhre a b *über* das n dieser Flüssigkeit im andern Schenkel L; (denn die Ge-te der Säulen d c und d a heben sich gegenseitig auf). Es so, wenn d die Dichtigkeit der Luft vor der Abschliefsung, jenige der comprimirten Luft, x die der Dichtigkeit d ent-ende Quecksilbersäule oder den eigentlichen Barometer-, und β die bewirkte Steigung über c bezeichnet, $= x : x + \beta$. Das erstere Verhältnifs läfst sich auf eichte Art aus den Räumen herleiten, welche die Luft d *nach* der Compression einnimmt. Die Dichtigkeiten nämlich zu diesen in umgekehrtem Verhältnifs. Man o auch, wenn m den ganzen Inhalt des Luftgefäfses L, α lum der comprimirten Luft bezeichnet, (beide in cylin-n Linien der Steigröhre a b ausgedrückt)
$\alpha = x + \beta : x$; oder $m - \alpha : \alpha = \beta : x$,
$x = \frac{\alpha\beta}{m - \alpha}$. Nennt man das Quantum der Compres-r den Raum $dc = n$, so ist $\alpha = m - n$; und $n = m - \alpha$, wird $x = \frac{(m - n)}{n} \times \beta = \left(\frac{m}{n} - 1\right) \times \beta$.

eispiel. Bei einem am 6. März 1825 vom Erfinder ange- vorläufigen Versuche war $m = 330{,}76$ cylindrischen vom Querschnitt der Steigröhre; $\alpha = 292{,}73$; also $m - \alpha = 38{,}03$, $\beta = 44{,}27$. Es ist also
$\frac{330{,}76}{38{,}03} = 8{,}697$; $\frac{m}{n} - 1 = 7{,}697$. Dieses multi-t mit $\beta = 44{,}27$ giebt $x = 340{,}74$ Lin. als den durch strument angegebenen Barometerstand. Ein im Zimmer liches Heberbarometer gab 340,7 Par. Lin.

Aus der Formel $x = \left(\frac{m}{n} - 1\right)\beta$ erhellet, daſ
einfache Function von β ist. Wenn man daher im Gefä
Quecksilber immer zu einer und derselben Höhe a
macht, so wird das Verhältniſs $\frac{m}{n}$ beständig, und ma
die wahre Barometerhöhe durch Multiplication der ge
abgekürzten Höhe mit einem Factor. Durch Verrück
Querschnittes c kann man dieses Verhältniſs auf einfa
len bringen, so daſs z. B. $n = \frac{1}{4}m$; also $m : n = 4 :$
hin wird der Coefficient von $\beta = 4 - 1 = 3$; oder d
meterhöhe ist genau das Dreifache der am Instrument l
teten Höhe.

Noch haben wir den Einfluſs zu betrachten, den d
peratur auf das Differenzialbarometer ausübt. Dieser ist
lei Art: Erstlich wird die Quecksilbersäule durch die
nung dieser Flüssigkeit verlängert; und dann wird d
Wärme die Expansivkraft der eingeschlossenen Luft in
tendem Grade verstärkt, so daſs diese wie ein Luftther
wirkt. Die Ausdehnung der Quecksilbersäule ist imm
der linearen Ausdehnung dieses Metalles multiplicirt
Länge der Säule; sie ist also, wenn die Letztere in uns
nur ein Drittheil der Barometerhöhe beträgt, auch nur e
theil der gewöhnlichen Correction des Barometers für d
me des Quecksilbers. Sie kann daher auch füglich e
der Reduction auf den wahren Barometerstand durch
wöhnlichen Tafeln verrichtet werden. Sonst hat man
T die Réaumür'schen Thermometer nebst ihren Zehnth
zeichnet, die verbesserte Höhe $\beta' = \beta \mp \beta$ T. 0,0000[illegible]

Bedeutender als diese Verbesserung ist die Correc
gen der Ausdehnung der eingeschlossenen Luft durch d
me. Beim Gebrauche des Instrumentes kann es sich le
tragen, daſs die Geräthschaft von der Sonnenhitze und d
des Körpers merklich erwärmt wird, während dem
Höhe ein unerwarteter Luftzug die Atmosphäre erkält
Umgekehrte kann eintreffen, wenn man aus der Kält
wohlgewärmtes Zimmer tritt. Die im Gefäſs L abgesc
Luft wird also durch die Wärme der Seitenwände ausg

.. Expansivkraft nimmt zu, so daſs sie in Folge der Erwär..ng eine höhere Quecksilbersäule zu tragen vermag, als die..ige ist, welche dem atmosphärischen Luftdrucke und der ..sern Temperatur entspricht. Den Versuchen zufolge beträgt ..e Ausdehnung $\frac{1}{213}$ der Volume für jeden Grad Réaumür's, .. um dieses Quantum muſs also auch die Expansiv-Kraft .. Luft, oder die sie repräsentirende Quecksilbersäule vermin..t werden. Nennt man also den Unterschied der Tempera..n der eingeschlossenen und der äuſsern Luft t, die beobach.. Höhe β, so ist die verbesserte Höhe $\beta' = \beta \mp \frac{\beta\, t}{213} = \mp \beta\,.\,t\,.\,0{,}00469$. Da man aber eigentlich diejenige Wirkung ..t, welche die Wärme auf die Luftmasse β' von der äuſsern ..peratur, also auf die bereits ausgedehnte β hat, so wird $= \beta \mp (\beta \mp \beta\,.\,t\,.\,0{,}00469) \times t\,.\,0{,}00469 = \beta \mp \beta$ .. $0{,}00469 \mp t^2.\ 0{,}00469^2$). Man kann diesen Coefficienten .. β in eine Tafel für — t und + t von 1° bis 10° bringen, ..doch bis auf vier Decimalstellen gegeben seyn muſs, wenn .. in der Correction die Zehntellinien genau haben will. Im..in wird es rathsamer seyn, dieser Correction sich ganz zu ..heben, indem man wartet, bis das Luftgefäſs ganz die äu..e Wärme angenommen hat, da es schwer zu bestimmen ist, ..che Temperatur die eingedrungene Luft im Moment des Ab..ieſsens wirklich gehabt habe.

..richtung des Differenzialbarometers.

A B ist ein cylindrisches Stück Buchsbaumholz, in welches ..cylindrischen Glasröhren L und a b etwa $\frac{3}{4}$ Zoll tief einge..kt sind. Unten bei d tritt ein Schraubengang hinein, und ..t sind die etwa $1\frac{1}{2}$ Lin. weiten Canäle d e und d f und d g, ..zu beiden Röhren und dem Thermometer t führen, so schrä.. eingeschnitten, als es die Anbringung des Bohrers gestattet. .. den Schraubengang tritt das ebenfalls cylindrische Stück .. E K, welches oben eine sphärische Vertiefung (entspre..nd der Convexität bei d) und bei g ein konisches Loch hat, ..durch eine Verbindung mit dem kugelförmigen Raume g h i k ..steht. Dieser wird einerseits durch die sphärische Höhlung ..k im Holze C D, andererseits durch den Lederbeutel i h k

Fig. 161. 162 und 165.

Fig. 163.

gebildet, welcher bei i und k um einen Ansatz fest und
herumgebunden ist. Man nimmt dazu vollkommen dichte
der Narbe versehenes Bockleder, auf dessen Befestigu
Sorgfalt verwendet werden mufs, weil bei diesem Inst
der Druck weit gröfser ist, als bei dem gewöhnlichen B
ter. Unweit des Ansatzes i k ist ein Schraubengang einge
ten, durch welchen das Stück E K an C D angeschra
In demselben befindet sich die Kugelschale H aus Hol
Messing, welche vermittelst der Schraube S gehoben v
kann, um den Lederbeutel in die Halbkugel i g k hineinz
ken. Die Hülse E K dient zur Beschützung des Beute
Schale H hat auf der Schraube S freie Drehung, da
beim Umdrehen derselben nicht nachfolge. Der Fufs,
lich der Schraubenkopf von S ist breit, und kann, wen
im Zimmer beobachtet, dem Ganzen zum Stativ dienen
Fig. 164. Deckel G ist bestimmt, beim Transporte des Instrume
Büchse C D E K zu verschliefsen. Am Glascylinder L
sich bei c eine Hülse, als Tangente der im Raume e c be
chen Quecksilbersäule. Die Hülse c wird so befestigt, da
Quecksilber genau den vierten Theil des Luftgefäfses L ei
me. Die absolute Gröfse der Röhre L ist zwar gleich
doch sollte sie, wenn man genaue Resultate haben will,
allzu klein seyn; sie wird übrigens durch den Raum g h i
stimmt, indem dieser dem vierten Theile der Röhre L, un
Inhalte der ganzen Barometerröhre a b gleich seyn mufs
vortheilhaftesten dürfte es seyn, der Röhre L eine zie
Länge, (etwa von 8 Zollen) zu geben, damit man in ihrer
Hälfte ein sehr empfindliches Quecksilberthermometer von
4 bis 5 Zoll Länge anbringen könnte; denn nur auf diese
darf man sich versichert halten, die wahre Temperatur de
geschlossenen Luft zu kennen. Man giebt diesem Therm
ter eine Scale von Elfenbein, deren Breite (wenigstens a
den Enden) dem innern Durchmesser des Glascylinders
seyn mufs, damit es in der Mitte der Letztern bleibe. Di
festigung des Thermometers im Innern desselben kann auf
schiedene Weise erreicht werden. Eine der einfachsten ist
gende: Man giebt dem Glascylinder oben eine ganz ge
kugelförmige Erweiterung, macht die Scale an ihrem
Ende ein wenig breiter, und ertheilt ihr daselbst durch

r von oben zu beiden Seiten der Thermometerröhre herun-
;ehende Sägenschnitte so viel Federung, dafs sie nur mit ei-
ır Gewalt durch den Glascylinder geschoben werden kann.
federnden Theile werden sich dann in der Kugel ausbreiten,
selbst eine starke Erschütterung wird nicht vermögend seyn,
Thermometer aus seiner Stelle zu bringen. Die Steigröhre
wird, um die Masse des anzuwendenden Quecksilbers zu
nindern, aus zwei Stücken zusammengesetzt; das untere
e, etwa 5,5 Zolle lang, ist nur 2 Lin. weit, das obere von
Länge nebst 1 Z. Raum für den Vernier, erhält 3 Lin. in-
ligen Durchmesser. Am Glascylinder L ist unterhalb bei c
weiteres Stück von 7 Lin. Durchmesser und 15 Lin. Höhe
schmolzen, damit der Punct c nicht zu weit hinaufgerückt,
dadurch das Ganze ohne Noth verlängert werde. Der obere
l erhält etwa 5,5 Lin. Durchmesser, bei einer Länge von
Zoll. Aus diesen Dimensionen ergeben sich folgende Ca-
täten: Der Steigröhre a b unterer Theil, 66 Lin. hoch und
n. weit hält 207 Kubiklinien: der obere Theil 60 Lin. hoch
3 Lin. weit 424 Kub. Lin. zusammen 631 Kub. Lin. Der
e Theil des Luftgefäfses L von 5,5 Lin. Durchm. und 75 Lin.
e hält 1800 Kub. Lin.; dessen dritter Theil ist 600 Kub. L.
so grofs, nämlich 578 K. L., ist der untere Theil bis c von
in. Durchm. und 15 Lin. Höhe. Man hat nun
+ 578 = 1210 K. L. für den Kubikinhalt der vom Queck-
r zu erfüllenden Räume. Giebt man dem kugelförmigen
lter g h i k einen Durchmesser von 13½ Lin. so erhält man
t Raum von 1295 Kub. Lin. und also nur wenig mehr, als
nothwendigen Bedarf. Durch Verengung der Steigröhre,
ie durch Verkleinerung des Gefäfses L könnte man aller-
die Quecksilbermasse vermindern, allein nicht ohne zu-
h den Einflufs der Capillarität zu vergröfsern, und der Ge-
keit der Beobachtung und der Empfindlichkeit des Instru-
s Eintrag zu thun. Zu beiden Seiten des Gefäfses A B er-
sich bis über die Röhre a b hinauf zwei messingene Schie-
I K, M N, von 7 bis 8 Lin. Breite und 1 bis 1,5 Lin. Dicke.
ind 11,5 Zolle lang, und oben durch eine messingene
e von 0,5 Z. Durchmesser verbunden, deren Mitte oberhalb
eschnitten ist, um die Luftblase einer kleinern Wasserwaage
sichtbar zu machen, die in der Röhre befestigt ist, und den

Beobachter von der verticalen Stellung des Instruments
chern soll. Die zu dieser Wasserwaage gebrauchte Gl
darf nicht sehr enge seyn, wenn jene nicht allzu unempf
werden soll; sollte sie zu kurz scheinen, so darf man ol
denken die Messingröhre OP über die Schienen KO, N
ausgehen lassen. Der Aufhängering R ist an einer messi
Hülse Q befestigt, welche auf der Röhre OP durch I
festsitzt, damit man bei dem veränderlichen Stand des
silbers in der Steigröhre a b den Aufhängepunct nöthige
ein wenig verschieben könne. Will man statt der Wasse
ein Pendel anbringen, wozu allerdings Raum genug ist,
dieses in eine Glasröhre eingeschlossen werden, um ge
Luftzug geschützt zu seyn. Auch läfst sich bei unverä
chem Aufhängepunct leicht durch Versuche und Rechnu
stimmen, wie viel bei jedem Stande des Quecksilbers das
ment von der Verticalität abweiche, und welche Cor
defshalb an der gemessenen Höhe anzubringen sey. Zw
der Steigröhre a b und der Schiene MN rechter Hand b
sich die Scale m n, an welcher der Vernier mit seiner,
rometerröhre umgebenden, Hülse auf- und niedergleite
durch eine feine Bewegung stellbar ist. Sie ist etwa 6
lang; ihr unterer Anfangspunct befindet sich genau 4 Z
dem Niveaupunct c. Man kann sie, wenn dieser Punct
gulirt ist, dafs der Raum e c genau den 4ten Theil der
Gefäfses L beträgt, sogleich in Drittelszolle abtheilen, un
derselben in 12 Theile zerfällen, welche den Linien des
meters gleich sind; der Vernier giebt dann Zehntellini
Der Raum von $4\frac{1}{4}$ Z. unterhalb dieser Barometerscale wi
der Scale des festen Thermometers eingenommen, das die
peratur des Quecksilbers angeben soll. Es ist ein klein
linderthermometer t, dessen Röhre luftdicht durch einen
nen oder hölzernen Pfropf p gesteckt wird, welchen man
cylindrische Höhlung p q entweder dicht einschraubt
verleimt. So wie beim Gebrauche das Quecksilber in die
nung d hineingetrieben wird, verbreitet es sich in die d
näle. Die dadurch in p q gedrängte Luft entweicht dur
kleinen Seitengang r in die offene Steigröhre und die Ku
Thermometers wird von dem Quecksilber ganz umgeben.
ses ist um so nothwendiger, da bei unserer Einrichtung die

Fig. 161. u. 162.

n und das eigentliche Quecksilbergefäfs beim Transport von
nander getrennt sind, wodurch sie leicht in den Fall kom-
en, eine ganz verschiedene Temperatur zu erhalten. Es wäre
lerdings leicht, beide Gefäfse zu vereinigen, indem man zur
rschliefsung des Quecksilbergefäfses bei d einen Hahn an-
ächte; allein dadurch würde nicht nur das Instrument merk-
ch verlängert, sondern es wäre überhaupt nicht zweckmäfsig,
leichten und zerbrechlichen Glasröhren mit einem Körper
n so schwerem Gewicht in Verbindung zu bringen. Jeder
r beiden Theile des Apparates wird nun in einen Cylinder von
ppe oder von weifsem Bleche, der inwendig ausgepolstert ist,
sonders verwahrt.

Beim *Gebrauche* des Differenzialbarometers hat man erst-
h darauf zu sehen, dafs kein Staub oder Unreinigkeit sich
den Röhren befinde, deren Enden deswegen noch besonders
schlossen werden können. Man schraubt alsdann das Queck-
ergefäfs CDEK, nachdem dessen Deckel G abgenommen
rden, an das Gefäfs AB fest, hängt das Instrument auf, und
bt vermittelst der Schraube S das Quecksilber in die Röh-
, wobei man Acht hat, dafs wenigstens in dem Moment, wo
Luftgefäfs L abgeschlossen wird, das Barometer vertical sey.
Schrauben wird nachher in beliebiger Lage so lange fortge-
t, bis bei senkrechter Aufhängung das Quecksilber in L
a untern Rande der Hülse c aufs schärfste tangirt wird. Hier-
stellt man den Vernier an der Steigröhre ein, notirt die
den Thermometer und liest ab. Während des Beobachtens ist
umal für Kurzsichtige, rathsam, das Luftgefäfs L durch ei-
Cylinder oder Halbcylinder von leichter Pappe gegen die
s Gesicht ausstrahlende Wärme zu schützen; nach gemach-
Beobachtung mufs jedoch der äufsern Luft der Zu-
t sogleich geöffnet werden, damit das Luftgefäfs nicht gehin-
t werde, ihre Temperatur anzunehmen; man kann zu dem
le diesen Cylinder an einem Faden von oben bis c herunter-
en, und zurückziehen. Allerdings giebt das Differenzialba-
meter nur ein Drittheil der wahren Höhe an; und so ist es
glich, in dieser um $\frac{3}{10}$ Lin. zu fehlen; allein dieser Nachtheil
d einigermafsen dadurch ersetzt, dafs man, so oft man will,
nell die Beobachtung wiederholen, und aus mehrern das Mit-
nehmen kann. Nur mufs man das Instrument nicht in sei-



Das Differenzialbarometer füllt in dem Appa
den Physikers eine längst empfundene Lücke a
auch auf gewöhnlichen Reisen mit Sorgfalt und I
sicht ein gut construirtes Reisebarometer durchb
ist dieses beinahe unmöglich bei schwierigen u
Bergbesteigungen, wo die Sorge für die persön
jede andere Aufmerksamkeit vergessen macht,
des Reisenden oft nur von einem kecken Sprung
sollte man es wagen dürfen, das gewöhnliche
auf Zügen in unwegsame Länder, nach Asien
zunehmen, und es dem erschütternden Gang
Esels oder Kameeles anzuvertrauen? und wie
nicht gerade die Höhenbestimmungen aus jenen
nige Beobachtungen am Niger, oder im Westen
schon längst über den Lauf dieser Flüsse, und
sche ihrer Vereinigung manches entschieden,
gabe über die Erhebung der Länder, die Höhe
jetzt nur auf einer täuschenden Schätzung beru
nem sichern Datum in der Geographie erhober
bisherigen Vorschläge, das Barometer abzukür
als unausführbar gezeigt, und das ehemals von
von Wollaston vorgeschlagene Mittel, durch
des Wassers die Barometerhöhe zu bestimmen,
unzureichend. Das Differenzialbarometer allei

wenden, auf welche sie bei dem bisherigen Stande unserer sometrischen Hülfsmittel gänzlich hätte verzichten müssen.

H.

Differenzialthermometer.

fferenzthermometer; Thermomètre diffétiel; *Differential Thermometer;* nennt John Leslie mpfindliches Thermometer, welches durch die Ausdehnung Luft geringe Grade der Wärme anzeigt. Dasselbe wird in nämlichen oder einer wenig veränderten Gestalt auch *Phoeter*, *Pyroskop*, *Hygrometer*, *Aethrioskop* [1] *rmoskop*, *Mikrocalorimeter* genannt, welche Namen seinem verschiedenen Gebrauche entlehnt sind, und an gehörigen Orten erklärt werden.

Obgleich das *Differenzial-Thermometer* als eine Erfin-Leslie's und das *Thermoskop*, mit demselben dem Wesen identisch, als durch Rumford erfunden allgemein bet sind, so läfst sich doch leicht nachweisen, dafs beide nach früheren Angaben abgeändert wurden, und überhaupt die ganze Erfindung bekannten Gesetzen der Natur so , dafs sie auf keine Weise als etwas Ausgezeichnetes gelten . Jede Construction dieses verschiedentlich abgeänderten umentes beruhet nämlich auf der unlängst bekannten Ausung der Luft durch Wärme, der Erzeugung der Wärme h den Einflufs der Licht- und Sonnen-Strahlen durch rbirtwerden derselben in dunkelen Körpern, und der Erung von Kälte durch Verdunstung in Gemäfsheit des durch gebildeten Dampf gebundenen Wärmestoffes. Man kann nicht ohne Grund annehmen, dafs in dem *Luftthermo-*, welches Cornelius Drebbel um 1638 bekannt machte [2], aus einer Glaskugel an einer engen, mit gefärbtem Weingefüllten, Röhre bestand, die erste Idee des Luftthermos und somit jedes folgenden Werkzeuges liege, vermittelst n die Wärme durch die Ausdehnung der reinen oder mit ofen erfüllten Luft gemessen wird. Nach der Bekanntwer-

---

[1] S. Th. I. p. 279.

[2] Dalencé Traité des baromètres, thermomètres et notiomètres 1688. 8.



LESLIE. Eine Uebereinstimmung beider im W
sich keineswegs verkennen. Das von STURM bes
mometer nämlich, welches er nach DREBBEL's A
te, besteht aus einer Glaskugel A mit einer Gl
eine Wassersäule B C in sich enthält. An d
dieser Röhre soll dann nach STURM die größser
schmolzen werden, und indem beide Kugeln
sind, so wird die Wassersäule in der Röhre st
sobald als die Luft in einer der beiden Kugeln
oder zusammengezogen wird. Weil aber beide
groſs sind, so ist auch der Raum, um welch
derter Dichtigkeit das Wasser in der Röhre f
anzuziehen streben, ihrem Inhalte direct prop

Fig. 166.

Ob eine Erinnerung an dieses Instrumen
Construction seines Differenzialthermometers f
unmöglich ausmachen, gewiſs aber ist, daſs
genthümlichen Ideengang angiebt, wonach d
Hygrometer und als *Photometer* von ihn
de. Mit den vorbereitenden Versuchen will er
schon seit 1797 beschäftigt haben [4], indeſs
Bekanntmachung dieser beiden frühesten A
1800. Als Differenzialthermometer und in Be
Eigenschaft, geringe Grade der Wärme zu m
Apparat erst mehr bekannt durch die weitv
LESLIE's über das Verhalten der Wärme [5].

chte Rumford seine Versuche über Wärmestrahlung bekannt, d beschrieb das hierbei von ihm gebrauchte, höchst empfindhe Luftthermometer, welchem er den Namen *Thermoskop* b [1]. Ob er auf die Erfindung desselben durch die Bekanntsaft mit Leslie's Apparate geleitet sey, wie einige behauptet ben [2], läfst sich unmöglich mit Gewifsheit ausmitteln, indes liegt die Anwendung empfindlicher Luftthermometer und jenige Abänderung, welche Rumford demselben gegeben hat, nahe, dafs er immerhin von selbst darauf verfallen konnte; dem hat dasselbe nicht so viele Aehnlichkeit mit dem Leslieen Differenzialthermometer, als mit einem nur etwas anders gerichteten sehr empfindlichen Luftthermometer, dessen sich G. Schmidt schon früher bediente [3]. Obgleich indefs alle se Werkzeuge ihrem Wesen nach dieselben sind, so wird es ch in Gemäfsheit des ihnen einmal gegebenen Namens am eckmäfsigsten seyn, Leslie's *Differenzialthermometer* ch seiner anfänglichen Gestalt mit denjenigen Veränderungen r vorläufig zu beschreiben, welche ihm der Erfinder selbst d andere nachher gegeben haben, das Rumford'sche *Thermoskop* aber unter diesem seinem eigenthümlichen Namen fzunehmen, und dann zugleich das sehr ähnliche, von G. G. hmidt angegebene damit zu verbinden [4].

Leslie's *Differenzthermometer* besteht nach der ersten Einchtung desselben [5] aus zwei Glaskugeln a und b, beide von möglichst gleichem Inhalte, und zwischen 4 bis 7 Par. Lin. im urchmesser grofs. Diese sind jede an eine Glasröhre geblasen, r. Fig. 167.

---

1 Phil. Trans. 1804. I. 99. Mém. de l'Inst. VI. 71. Vergl. *Thermoskop*.

2 Brewster in Edinb. Journ. of Sc. III. 145.

3 Handbuch d. Naturlehre. 1ste Aufl. Giessen 1801. 2te Aufl. end. 1813. p. 319.

4 S. *Thermoskop*. Sollte der Name bei dieser Anordnung nicht tscheiden, so müfsten alle unter *Thermometer* oder *Mikrothermomer* oder *Mikrocalorimeter* vereinigt werden.

5 Leslie experimental Enquiry into the Nature and Propagation f heat Lond. 1804. Ann. de Chim. XXXV. 1. Biot Traité IV. 606. Kurzer Bericht von Versuchen und Instrumenten, die sich auf d. Veralten d. Luft zu Wärme und Feuchtigkeit beziehen. Von J. Leslie bers. mit Anm. von H. W. Brandes Leipz. 1823. 8.

lie eine, woran die Scale kommt, genau calibrir
'a 0,02 oder 0,018 Z. Weite haben muſs; die
vas weiter gewählt, damit die Flüssigkeit sich l
lben bewegt, ihr genaues Caliber ist nicht erfor
nt 's sie um so viel länger seyn, als das horizontal
ıtrumentes f g beträgt; beide endlich werden a
nden etwas konisch erweitert, um bei der Vereinigun
etwas gröſseren, zur Regulirung der Flüssigkeit die
Raum zu bilden. Die Höhe des Instrumentes von der l
an beträgt von 3 bis 6 Zoll. Wird dann die Luft in de
an der längeren Röhre durch die Wärme der Hand etw
gedehnt, und die Röhre in eine mit Carmin gefärbte Flü
getaucht, so dringt ein Theil von dieser in die Röhre ei
die Kugel wieder erkaltet, man sucht dann die Flüssigk
Ende der Röhre zu entfernen, und schmelzt beide Rö
den an der Lampe an einander, wobei an der Stelle ihr
bindung bei f eine Erweiterung gebildet wird, welche
gulirung des Standes der Flüssigkeit dient. Erst nachd
ses geschehen ist, wird die Röhre in die gehörige Forn
gen, auf das Fuſsgestell A befestigt und mit der Scale g
sehen.

Es läſst sich nicht leugnen, daſs diese Verfertig
groſse Schwierigkeiten hat. Zuerst ist es nicht leicht
Kugeln von ganz gleicher Gröſse zu verfertigen, welc
völligen Genauigkeit mancher Beobachtungen durchau
wendig ist, auſserdem aber lassen sich Röhren, wenn s
her benetzt waren, nicht gut zusammenschmelzen, und
das Biegen, nachdem schon die Flüssigkeit hineingefül
zieht nicht selten den Verlust des Instrumentes nac
Diese letzteren Schwierigkeiten lassen sich vermeiden,
man nach Art der Verfertigung des Rumford'schen T
skops das Instrument, ohne Einfüllung der Flüssigkeit
verfertigen läſst, wobei aber die Erweiterung bei f in ei
Spitze auslaufen muſs. Sind demnach beide Kugeln gle
ſsig erwärmt oder einem geringeren äuſsern Luftdrucke
setzt, so dringt nach dem Erkalten oder durch verm
Luftdruck eine gewisse Quantität der gefärbten Flü
durch die Spitze ein, füllt die horizontale Röhre und v
lothrechten einen solchen Raum, als der Gröſse jeder d

ı Kugeln proportional ist, worauf die sehr feine Spitze durch
[ses Hineinhalten in die Flamme einer Kerze zugeschmolzen
ʻd. Soll indefs der lufterfüllte Raum in beiden Kugeln ganz
ch seyn, so läfst sich dieses nach DE BUTT [1] auf eine ein-
he Weise erreichen, wodurch zugleich die ganze Construc-
ı des Werkzeuges ausnehmend erleichtert wird, wenn man
selbe auf folgende Weise verfertigt. An die calibrirte Ther- Fig. 168.
meterröhre ab wird eine Kugel geblasen, eine andere Röhre
; aber, welche genau so weit ist, dafs jene sich willig hin-
schieben läfst, wird unterhalb f gleichfalls zu einer etwas
teren Kugel aufgeblasen, und hierbei zugleich das untere
le so weit verengert, dafs die erstere Röhre hier nicht ein-
ct. Damit dann der Luftraum in beiden gleich werde, darf
a nur von der anfänglich jederzeit zu langen Röhre ab ein
ck abschneiden, welches vom Boden der Kugel bis an e
ht, dann die an ab befindliche Kugel nebst der Röhre bis
eit, als wohin beim mittleren Stande des Instrumentes die
sigkeit reichen soll, mit Quecksilber füllen [2], dieses wie-
ausgiefsen, die nämliche Quantität in die untere Kugel
ütten, das abgeschnittene Ende der Röhre hineinsenken,
n mit dem Finger verschliefsen, und die Kugel umkehren,
bei dann die Grenze des Quecksilbers genau die Grenze cd
eigt, bis wie weit die untere Kugel mit der Flüssigkeit bei
fertigung des Instrumentes erfüllt werden mufs. Nach die-
empirischen, aber sehr genauen Messung wird die untere
gel bis an die bezeichnete Grenze mit Schwefelsäure gefüllt,
che durch etwas Carmin roth gefärbt ist, die Röhre ab hin-
gesenkt, dann das Instrument auf ein Fufsgestell so montirt,
s die Zeichnung angiebt, und die Mündung der oberen Röhre
igemale mit Bleiweifs und guttrocknendem Oelfirnifs vermit-

---

1 Philos. Trans. of the American philosoph. Soc. Vol. I. New ies. Brandes zu Leslie's Bericht. p. 53.

2 Auch mit Wasser würde dieses geschehen können, allein dann ste die Kugel sorgfältig wieder getrocknet werden. Man bringt igens das Quecksilber leicht durch die enge Röhre in die Kugel, n man zum Entweichen der Luft ein feines Grashälmchen oder ein rdehaar in die Röhre schiebt, während man vermittelst eines um-denen hohlen Cylinders von Papier das Quecksilber in die Röhre en läfst.

telst eines Malerpinsels bestrichen, bis der enge Raum zv
beiden Röhren luftdicht verschlossen ist. Man erwärn
die obere Kugel vorsichtig mit der Hand und läfst sie
erkalten, worauf etwas von der gefärbten Flüssigkeit
Röhre aufsteigt, zugleich aber wiederholt man dieses
ren so lange, bis bei gleicher Temperatur beider Ku;
Flüssigkeit so hoch steht, als anfänglich bei der Mess
stimmt wurde.

Das Leslie'sche Differenzialthermometer ist eigent
dazu bestimmt, kleine Unterschiede der Temperatur,
auf die eine oder die andere der beiden Kugeln wirken
zeigen, ohne dafs zunächst eine eigentliche thermon
Messung verlangt wird. Indefs kann man auch die let:
eine leichte Weise erhalten. So lange nämlich die Lu
den Kugeln auf gleiche Weise erwärmt ist, hat diese
gleiche Elasticität, drückt demnach mit gleicher Stärk
Flüssigkeit, und diese wird also in Ruhe bleiben; eine
che Erwärmung der Kugeln wird aber eine Bewegung d
sigkeit veranlassen, und wegen der grofsen und leicht
dehnbarkeit der Luft durch Wärme werden die geringst
änderungen auf diese Weise sichtbar werden. Inzwisch
sich der Unterschied der Wärme beider Kugeln auch d
absolutes Mafs ausdrücken, so dafs also das bisher l
thermoskopisches Werkzeug betrachtete zum *thermom*
wird. Zu diesem Ende bringt man nach Leslie beid
auf ganz gleiche Temperatur, und bezeichnet den St
Flüssigkeit, welchen sie dann einnimmt, mit 0, erhö
vermindert die Temperatur der einen Kugel allein um e
C., bemerkt den Stand der Flüssigkeit in der Röhre u
den Raum vom vorher beobachteten Nullpuncte an
gleiche Theile, verfertigt hiernach eine Scale und er
ein Thermometer, welches Zehntel von Centesimalgr
giebt, oder den Raum zwischen den festen Puncten
licher Thermometer in 1000 Theile getheilt enthält. U
ist es nicht eben leicht, eine solche Scale mit der er
chen Genauigkeit zu erhalten. Hat das Werkzeug die
welche Sturm und Butt vorgeschlagen haben, so kann
untere Kugel in Wasser senken, welches um 10° C.
oder kälter ist, als die äufsere Umgebung und somit

obere Kugel; allein auch dieses Verfahren bietet keine voll-
mene Sicherheit dar, indem die Temperatur der Umgebung
in der Nähe eines Gefäfses mit Wasser, welches um 10° C.
mer oder kälter ist, leicht ändert. Am sichersten wird es
r seyn, beide Röhren des Leslie'schen Differenzialthermo-
ters mit einem durchbohrten und dann durchschnittenen
ke zu umgeben, auf diesen ein gläsernes Gefäfs mit durch-
rtem Boden, welcher die Kugeln durchläfst, zu schieben,
rderlichen Falls die Fugen des Korkes und Glases mit Blei-
fs und Leinölfirnifs zu verstopfen, und beide Gefäfse mit
ser zu füllen, welches um 10° C. Wärme differirt. Hier-
liefse sich dann auch der Nullpunct genauer bestimmen,
n man das Wasser anfangs von ganz gleicher Temperatur
ne. Bei der von Butt vorgeschlagenen Einrichtung bedarf
eines solchen angegebenen Wasserbehälters blofs für die
e Kugel, indem man die untere in ein freies Gefäfs mit
ser senken kann.

Leslie wählte zur gefärbten Flüssigkeit anfangs eine Alka-
lösung mit Carmin gefärbt, und damit diese durch den
rstoffgehalt der eingeschlossenen Luft nicht verändert wür-
füllte er die Kugeln und Röhren vorher mit Wasserstoff-
[1]. Dieses Verfahren ist beschwerlich, und er zog deswe-
später die Schwefelsäure mit etwas Carmin gefärbt vor,
che noch aufserdem den Vortheil gewährt, dafs sie der Luft
den Kugeln ihre Feuchtigkeit entzieht, und hierdurch den
fs derselben aufhebt. Howard in Baltimore wählt dage-
Weingeist mit etwas Cochenille gefärbt, giebt dem Werk-
e gröfsere Kugeln, und diejenige Gestalt, welche aus der
r an sich deutlich ist. Der Weingeist wird durch die Spitze Fig. 169.
oberen Kugel eingebracht, dann läfst man ihn im Instru-
te selbst sieden, um alle Luft auszutreiben, worauf die
ze an der Lampe zugeschmolzen wird [2]. Weil indefs hier-
nach seiner Meinung stets etwas Luft zurückbleibt, so soll
n vor jeder Beobachtung den gesammten Weingeist in eine
el laufen lassen, das Residuum der Luft dadurch in den

---

1 Nicholson's Journ. of. Nat. Phil. III. 461.

2 Ueber das hierbei zu beobachtende Verfahren vergl. *Puls-
ner.*

offenen Raum bringen, dann bei vorsichtiger Vermeidu
Temperaturunterschiedes das Instrument hinstellen, u
Nullpunct von demjenigen Stande an rechnen, welc
Weingeistsäule dann hat. Die Verfertigung der Scale g
demnächst auf die oben angezeigte Weise [1]. Dafs di
als thermoskopische Substanz dienenden Weingeistdäm
pfindlicher gegen die Einwirkungen der Wärme sind,
trockne Luft in LESLIE's Instrumente, insbesondere v
Kugeln des Apparates merklich gröfser gemacht werde
keinen Zweifel, auch versichern die Herausgeber der
theque universelle, seine Empfindlichkeit als *Aethri*
und als *Photometer* aufserordentlich grofs gefunden
ben. LESLIE gesteht selbst die gröfsere Empfindlich
Weingeistdämpfe zu, und die Beschreibung des Ther
wird ergeben, dafs man mit diesem, auf ähnliche We
struirten, Werkzeuge wohl ohne Zweifel bis auf $\frac{1}{30}$
Réaumürschen Grades die Temperaturen zu messen in
ist; allein dennoch giebt LESLIE der gefärbten Schw
den Vorzug, weil sein Apparat hiermit regelmäfsiger
ständiger in seinen Angaben wird. Aufserdem hab
Versuche belehrt, dafs man bei der Wahl des Weingeis
zu grofse Quantitäten dieser Flüssigkeit nehmen dar
sonst wegen der verhältnifsmäfsig gröfseren Wärme
desselben die Apparate weniger empfindlich werden, a
man trockene Luft und eine, blofs in der Glasröhre bef
kurze Säule der gefärbten Schwefelsäure wählt. Soll H
Apparat als photometrisches Thermometer dienen, s
nach der Angabe der Herausgeber der *Bibliotheque un*
die obere Kugel mit schwarzer Tusche stark überzogen,
tere aber mit Goldschaum überklebt und mit einem dün
von mattgeschliffenem Glase überdeckt. Eine genähert
flamme soll dann eine ihrer Lichtstärke proportional
Wärme in der geschwärzten Kugel entbinden, worübe
keine genauere und entscheidende Versuche mitgetheilt
LESLIE hat übrigens sein Instrument gleichfalls als
skop gebraucht, wobei er die eine Kugel so genau mi

---

1 Journal of the Royal Instit. 1820. Jan. Bibl. univ. XIII
2 Vergl. *Aethrioskop* T. I. p. 279.

d überzieht, dafs sie überall eine glänzende metallene Ober-
he darbietet, von welcher die Wärmestrahlen einer leuch-
den oder dunkeln Wärmequelle zurückgeworfen werden,
hrend sie die freie Glaskugel, oder noch besser die mit
che oder einer beliebigen nicht glänzenden Farbe überzoge-
durchdringen und die darin enthaltene Luft ausdehnen.
l das Differenzthermometer aber als *Photometer* dienen,
bleibt die eine Kugel von durchsichtigem Glase unverändert,
andere aber wird mit schwarzer Tusche dick überzogen,
r von tief schwarzem Email geblasen, welches Leslie für
er hält, wahrscheinlich aber mit Unrecht, insofern das
il stets etwas Glanz beibehält, und somit einen Theil des
tes zurückwirft. Diesen zu photometrischen Messungen
immten Differenz-Thermometern giebt Leslie eine zwie-
e Gestalt, indem er sie entweder etwas kleiner und trans- Fig. 170.
abel macht, wobei die geschwärzte Kugel sich lothrecht
der durchsichtigen befindet, und die Röhre an derselben
etwas krumm gebogen ist, um beide Kugeln in eine verti-
Lage über einander zu bringen; oder etwas gröfser und für Fig. 171.
Transport nicht eingerichtet, die beiden Kugeln in einer
zontalen Ebene und oben etwas aus einander gebogen. Ueber
wird eine Glasglocke gesetzt, welche auf dem Fufsgestelle
t, und bei dem zweiten aus einem Cylinder mit einer wei-
n Kugel besteht, wovon ersterer von unten auf das Instru-
t geschoben wird, ehe es auf seinem Fufsgestelle feststeht,
re aber die divergirenden Kugeln aufzunehmen bestimmt
Eine solche Hülle dient dazu, um den Einflufs einer un-
en Erwärmung der Luft auszuschliefsen, und die Wir-
des Lichtes allein zu haben [1]. Endlich dient das Diffe-
ermometer auch als *Hygrometer*, indem man die eine
desselben mit Cambrai oder einem sonstigen leichten Zeu-
erzieht, dieses benetzt, und aus der gröfseren oder ge-
ren Temperaturverminderung derselben, als Folge der
eren oder schwächeren Verdunstung, auf den dieser letz-
umgekehrt proportionalen hygrometrischen Zustand der

[1] Auf einem ganz gleichen Grunde beruhet auch das Photometer,
es W. Ritchie in Phil. Trans. 1825. I. p. 141. bekannt gemacht
Vergl. *Photometer*.

Papin's Digestor, Papinischer T… pinische Maschine; *Digestor Papin… pini seu papiniana;* Marmite de Papin; … *gestor.*

Der Vorschlag, Knochen, Hirschhorn, Fisc… in verschlossenen Töpfen vermittelst des über de… heiſsen Wassers zu erweichen, ist vermuthlich z… Boyle gethan [1], von Dionysius Papinus aber mit… verfolgt, und letzterer hat auch den nach ihm b… angegeben, worin dieses am bequemsten gesc… Wegen der unvermeidlichen Gefahr des Zerplatze… fäſse durch die Gewalt der Dämpfe, wie Papin … gen Versuchen erfahren haben soll, wurde der G… niger beachtet; indeſs veranlaſste dieses den … 1682, das zur Sicherung hiergegen erfundene Ve… gen, welches später bei allen Dampfapparaten … worden ist.

Seit der Zeit jener Bekanntmachung durch P… ser Apparat nie gänzlich vergessen und von Zei… Vorschläge zur Verbesserung und weiteren Benut… geschehen. Die ersten dieser Art sind vom Er…

1 Experim. novorum physico-mechan. continuati… 1682. 4. p. 198.

ld darauf gab Hubin an, man solle zur gröſseren Reinlich-
it der bereiteten Speisen in den kupfernen Topf einen andern
nenen setzen [1], zu ökonomischen Zwecken wurde derselbe
er empfohlen durch Clayton [2], Wilke [3] u. a. Vorzüglich
t man denselben viel in Holland zur Bereitung der sogenann-
Bouillontafeln gebraucht, ohne daſs jedoch seine Anwen-
ng im eigentlichen Sinne gemein geworden ist. Zum ökono-
schen und pharmaceutischen Gebrauche ist er empfohlen
rch Sangiorgio [4].

Indem der ganze Apparat auf dem Grundsatze beruhet,
ſs die Hitze des Wassers ins Unbestimmte wachsen kann, so-
d den Dämpfen jeder Ausweg verschlossen ist, und daher
in dieser gebundene Wärme nicht entweicht, so hat man
der Construction desselben bloſs auf die beiden Stücke zu
sten, zuerst daſs der Digestor hinlänglich dicht verschlossen
r, um keinen Dampf entweichen zu lassen, und zweitens
ſs hiermit eine hinlängliche Stärke der Wandungen verbun-
n werde, um gegen die gefährlichen Folgen des Zerspringens
sichert zu seyn. Eine dieses beides berücksichtigende, im
nzen sehr zweckmäſsige Construction des Digestors hat J. H.
gler [5] ausführen lassen, und einige interessante Versuche
mit angestellt. Papin's Digestor bestand nämlich ursprüng-
h bloſs aus einem kupfernen Topfe mit fest aufgeschrobenem
ckel und zwischenliegendem Leder zum dampfdichten Schlie-
n. Nach einigen Erfahrungen des Zerspringens brachte er
r Sicherheit das Ventil an. Ziegler behielt diese Einrich-
g bei, gab aber seinem Topfe eine gröſsere Festigkeit durch
gelegte starke eiserne Bänder. Die späteren vorgeschlage-
n, und zum Theil auch ausgeführten, Verbesserungen des-
lben bezweckten vorzüglich seine Anwendbarkeit für den

1 Mém. de l'Ac. I. 208.
2 Phil. Trans. 1739. N. 454.
3 Schwed. Abh. 1773. Vergl. Mémoire sur l'usage économique
Digesteur de Papin. à Clermont. Ferrand 1761. 8.
4 P. Sangiorgio chemische und pharmaceutische cet. Abhandl.
rs. von Dr. A. Schmidt. Leipz. 1797. N. 12.
5 Specimen physico-chemicum de Digestore Papini cet. Basil.
69. 4.

wenig oder überhaupt kaum in Gebrauch gekomm
findet sich hauptsächlich nur als Modell in den p
Cabinetten. Die Ursache hiervon ist nicht wei
Einestheils ist nämlich die Anschaffung eines solch
Digestors das Materials wegen und wegen des mü
schleifens nicht sowohl des Ventiles als hauptsächl
kels zur Vermeidung des in vieler Hinsicht nicht
gen Zwischenleders sehr kostbar, anderntheils m
eine etwas sachverständige Person die Handhabu
übernehmen, weil gemeine Köchinnen durch das
des Ventils und das geräuschvolle Entweichen des
schreckt werden, die Sorgfalt abgerechnet, wom
und der aufgeschliffene Deckel behandelt werden m
das dampfdichte Schliefsen bleibend erhalten werde
lich aber ist man auch hierdurch nicht gegen mö
Gefahren gesichert, wie aus dem Zerspringen eine
gestors in Berlin [2] sattsam hervorgeht. Dafs ders
unter geeigneter Bedingung vortheilhaft angewa
könne, beweiset die ausgedehnte Suppenanstalt in A
ein grofser eiserner Digestor zu diesem Zwecke mit
Erfolge benutzt wird [3], auch hat Pleischl [4] vollko
wenn er denselben für das Hospitium auf dem S

npfiehlt, wo des geringen Luftdruckes wegen das Wasser die wöhnliche Siedehitze nicht erreichen kann.

Soll der Bau und die Benutzung des Papinischen Digestors Allgemeinen untersucht werden, so mufs man den physikach wissenschaftlichen Zweck von dem ökonomischen und hnischen wohl unterscheiden. Hinsichtlich des wissenaftlichen Zweckes ist es nicht zu bezweifeln, dafs die Unsuchung der Dämpfe, ihrer Elasticität, Dichtigkeit und aufenden Kraft von grofser Wichtigkeit sey. Insbesondere hinhtlich des Letzteren verdient der Digestor vorzügliche Aufrksamkeit. Es ist nämlich hinlänglich erwiesen, wie sehr auflösende Kraft namentlich des Wassers durch erhöhete mperatur wächst, und vor allen Dingen scheinen die starken dungen des Sinters durch die Wasser der heifsen Quellen dar zu führen, dafs selbst auch verschiedene Mineralien in r erhitztem Wasser viel stärker aufgelöset werden als in chem, welches nicht über die Siedehitze bei gewöhnlichem osphärischen Drucke hinauskommt. Indem nun so manche silien in einem tropfbar flüssigen Mittel krystallisirt zu seyn inen, es aber noch nicht ausgemacht ist, wie hoch die peratur des Erdballs und wie stark der Druck der Atmoäre früher gewesen seyn mag, so wäre es in geognostischer sicht rücksichtlich dieser Fossilien und wissenschaftlich inehung auf alle Körper sehr interessant, ihre Auflöslichkeit Wasser von höherer Temperatur bestimmt zu kennen, und ne Versuche hierüber würden eben so interessant als nützseyn. Für solche Zwecke hat Edelkranz [1] einen Digestor geben, welcher aus einem Kessel von starkem Kupfer ge- ben besteht. Der obere durchschnittene Theil zeigt den Mehismus des Verschliefsens, welcher darin besteht, dafs auf oberen Rand des eigentlichen Topfes das massive Deckelck b, b hart aufgelöthet und mit Schrauben befestigt ist. In sem befindet sich das von unten nach oben konisch zulaufen- Stück v, v, in welches der eigentliche Deckel a a von unten auf eingeschliffen durch den Druck des Dampfes sich einist, um das Festschrauben desselben zu entbehren. An die-

Fig. 172.

1 G. XXII. 129. Gehlen N. J. II. 616. IV. 317.

sem Stücke befindet sich die Handhabe *, um den Deckel im Anfange anzuziehen und vermittelst eines durchgesteckten Keiles zu befestigen, dann das eiserne Gefäfs o mit Quecksilber, in welches das Thermometer p gesenkt wird, um vermittelst desselben die Temperatur im Innern des Topfes zu messen, das sinnreich ausgedachte Sicherheitsventil d l. Letzteres besteht aus einer ausgeschliffenen cylindrischen Röhre, in welcher sich der metallene Embolus e mit der Stange h i dampfdicht bewegt. Auf einem Absatze dieser Stange g s ruhen die mehr oder weniger zahlreichen Auflegegewichte m, m, m . . ., welche den Embolus niederdrücken, bis die Gewalt der Dämpfe ihn hebt, und letztere durch die in der Röhre befindlichen Löcher p q entweichen, wovon eine der Spannung des Dampfes proportionale Menge durch das höhere Aufheben des Embolus geöffnet wird. Endlich ist c k ein durchlöchertes federndes Blech, welches über den unteren hervorstehenden Rand der Röhre geschoben wird.

So sinnreich dieser Apparat auch ausgedacht ist, so hat er doch wesentliche Fehler. Zuvörderst ist das Ventil zusammengesetzt, hat eine grofse Fläche, mufs daher mit Gewichten unnöthig beschwert werden, und dabei ist es fraglich, ob bei aller Sorgfalt der Verfertigung die ungleiche Ausdehnung verschiedener Stücke Metall das genaue Schliefsen mit hinlänglicher Beweglichkeit vereinigen läfst. Dann soll vor der Verfertigung der Deckel und das Randstück v v genau in einander geschliffen werden; allein da die Hitze der Dämpfe keine andere, als die harte Löthung zuläfst, diese aber nur im heftigem Feuer geschehen kann, so wird die aufgeschliffene Fläche hierdurch auch rücksichtlich auf das Verziehen des Metalles ihre erforderliche Genauigkeit verlieren. Eine grofse Unbequemlichkeit liegt ferner darin, dafs der Deckel nicht vom dem Topfe genommen werden kann, welches der Erfinder nachher dadurch zu vermeiden suchte, dafs er vorschlug, den Deckel oval zu machen, allein es ist bekannt, dafs eine ovale als eine kreisrunde Fläche nicht aufgeschliffen werden kann. Endlich aber ist der Topf, blofs von Kupfer verfertigt, durch die allerdings grofse Cohäsion dieses Metalles keineswegs hinlänglich gesichert, wenn man berücksichtigt, dafs die Elasticität des Dampfes bei 200° R. schon über 32 Atmosphären

eigt, sein Druck also mehr als 64000 ℔ gegen eine Fläche
m einem Pariser Quadratfufs beträgt.

Bei einigen nach meiner Angabe verfertigten Digestoren [1]
n ich daher mit wenigen Abänderungen wieder zu ZIEGLER's
nstruction zurückgekehrt. Der Topf selbst besteht aus ge- Fig. 173.
iebenem, eine Linie dickem Kupfer, dessen oberer Rand in
nen massiven, 2,5 Lin. dicken messingnen Ring eingefalzt
d hart gelöthet ist. Um denselben gehen zwei eiserne 0,25
dicke und 0,75 Z. breite eiserne Bänder n, n, welche unten
n Boden, da wo sie sich durchkreuzen, zur Hälfte eingeschnit-
n und so in einander gelegt sind. Die oberen Enden dieser
nder reichen bis unter den massiven Ring, sind dort recht-
inklich umgebogen und jeder ist mit einem nach unten her-
rstehenden Zapfen versehen, um welchen die vier Klammern
b, b, b sich drehen lassen, welche über den Deckel A ge-
hoben, diesen vermittelst der Schrauben c, c, c, c fest an-
ücken. Aufserdem gehen um den Topf die eisernen Reifen
m, m .... 0,75 Z. breit und 0,5 Z. dick, welche für die
n genannten Bänder eingeschnitten sind, so dafs sie das
pfer an allen übrigen Stellen unmittelbar berühren, welches
tere nach dem Verfertigen des Ganzen von Innen etwas her-
getrieben wird, damit die Reifen nicht herabfallen, und al-
genauer verbunden ist. Der messingne Deckel A ist gleich-
s 2,5 Lin. dick, und weil das Aufschleifen von zwei so
sen Flächen fast unmöglich ist, so ist der obere Ring stumpf
isch nach unten ausgedrehet, der Deckel aber hat einen,
genau hier hineinpassenden ringförmigen Vorsprung, wel-
mit feinem, langfasrigem, durch etwas Unschlitt geschmei-
gemachtem Hanfe umwunden, und dann mit Gewalt auf-
refst wird, wodurch der Hanf sich in eine undurchdringlich
te Masse verwandelt, durch etwaiges Eindringen des Dam-
s ohnehin quillt, und so jedes Entweichen desselben bei ge-
iger Vorsicht unmöglich macht. Dieses Mittel ist dann,
n man ein dampfdichtes Schliefsen erhalten will, sicher
beste, verstattet aber die Hitze nicht weiter zu treiben als
zum Verkohlen des Hanfes, wodurch man indefs über 250°
also bis zu einem Drucke von 37 Atmosphären kommen

1 Schweigg. J. XXII. 208.

kann, über welche Grenze hinaus die Versuche überhaupt schwierig und unsicher werden. Ein eisernes, mit Messing gebenes, und in den Deckel beim Gusse hineingefügtes G p enthält etwas Quecksilber, um das Thermometer r aussetzen und die Temperatur zu messen, welches alles wie das Ventil q mit seinem Hebelarme l l und dem ten Gewichte v, aus der Figur deutlich wird. Rücksicht des Ventils scheint mir ein kleines, etwa 0,8 Lin. chelchen, oben flach und mit einer kleinen, fenen Stahlplatte bedeckt, unter allen die meiste geben, obgleich das vollkommene Schliefsen des V meisten Schwierigkeiten verursacht. Endlich ist inwendig auf dem Rande des konischen Ringes ruhendes Sieb von blech mit feinen Löchern angebracht, welches sich leicht ausnehmen läfst, und in welches diejenigen Substanzen werden können, welche man der Einwirkung der heifsen pfe aussetzen will, ohne sie unmittelbar in die Flüssig werfen.

Soll der Digestor zu ökonomischen und techni Zwecken benutzt werden, so giebt rücksichtlich der letz die individuelle Bestimmung die zu beobachtenden Beding von selbst an. So läfst sich derselbe gewifs zur Bereitung Firnissen, namentlich geistigen, für welche die harzigen St in Weingeist oder Terpentinspiritus aufzulösen sind, mit g fsem Vortheil anwenden, und da hierbei die Quantitäten so bedeutend grofs sind, die Bereitung selbst aber durch Sachverständigen geschehen mufs, so kann ein den Erford nissen angemessener Apparat nach der so eben mitgeth Beschreibung leicht verfertigt und gehandhabt werden.

Rücksichtlich des ökonomischen Gebrauches des Pap schen Digestors ist oben schon gesagt, dafs ein so zusam gesetzter, kostbarer und vorsichtig zu manipulirender App nicht geeignet ist, als Küchengeschirr in den Haushaltung aufgenommen zu werden. Aufserdem hat Proust durch Versuche gezeigt, dafs man die Knochen nur zu zerkleine zu zerstampfen nöthig hat, um auf die gewöhnliche Weise Gelatina und das Fett daraus zu gewinnen [1]. Allein die

---

1 G. XXII. 167. Diese Methode wird meistens dem Cadet

erstampften und zermahlenen Knochen gewonnene Gelatina erhält einen unangenehmen Geschmack, und wird zu sehr mit einen Knochentheilen, auch ihrer Gelatina beraubten, also ergen, Substanzen gemengt. Außerdem aber muſs man den grofsen Aufwand von Brennmaterial berücksichtigen, welchen ein sechsstündiges Kochen nach PROUST erfordert. Um über den Bedarf an Brennmaterial und den Vortheil besser urtheilen zu können, welchen der Digestor gewährt, habe ich verschiedene Male vergleichende Versuche angestellt. Zuerst wurde eine gleiche Menge reiner Rindsknochen in einem irdenen, mit einem gewöhnlichen Deckel verschlossenen Topfe 3,5 Stunden, und im Digestor 1,5 Stunde, die letzte Hälfte der Zeit über gelindem Feuer und bei einer Temperatur von 100° bis höchstens 110° R. gekocht, worauf ich aus der letzteren Menge ohngefähr zweimal so viel Bouillon von gleicher Stärke und nahe 2,5 mal so viel Fett erhielt, als aus der ersteren, ohne daſs die Knochen gänzlich extrahirt waren, indem sonst der Bouillon leicht einen unangenehmen Geschmack erhielt. Brachte ich dann die im gewöhnlichen Topfe gekochten Knochen abermals in den Digestor, und verfuhr auf gleiche Weise, so erhielt ich nochmals eine gleiche Quantität Bouillon und fast doppelt so viel Fett, als vorher aus ihnen gewonnen war, welche Resultate so genau mit einander übereinstimmten. Das Feuer unter dem gewöhnlichen Topfe wurde zwar vorsichtig regiert, allein dennoch stieg die erforderliche Menge Brennmaterial nahe auf das Fünffache dessen, was der Digestor erforderte. Wenn man nun berücksichtigt, daſs in der angegebenen Zeit das anfänglich aufgegossene Wasser fast gänzlich verdampfte und durch neu hinzugegossenes ersetzt wurde, so folgt aus den Gesetzen des latenten Wärmestoffes, daſs zu dieser Heizung und Verdampfung 6,4 und zur Erhitzung des zugegossenen Wassers bis zur Siedehitze noch 1 an Brennmaterial erfordert wurde, wenn man von 0° Temperatur ausgeht, als zur Erhebung des Wassers im Digestor bis zur Siedehitze nöthig war. Rechnet man aber auf, daſs das Wasser im Digestor bis nahe 110° R. erhitzt

---

...x zugeschrieben, welcher sie später empfohlen hat. Aehnliche Vorschläge von HAUSMANN S. Einfaches Mittel, die Beköstigung der vor dem Feinde stehenden Heere u. s. w. zu erleichtern. Gött. 1815. 8.

wurde, so erfordert der gewöhnliche Topf mehr als 5 mal viel Brennmaterial, und wenn man das im Digestor erhalt Product zu 2 annimmt, so steht der Aufwand, welchen d selbe an Brennmaterial gegen einen gewöhnlichen Topf in d sem Falle gewährt, im Verhältnifs von 1 : 10, und ist h nach der zu erhaltende Vortheil keinen Augenblick zu v kennen.

Man hat indefs in den neueren Zeiten nach D'Arcet [1] gefangen, die Knochen ohne Hülfe des Feuers auf chemisc Wege zu zerlegen, um die Gelatina ohne die erdigen Th zu erhalten, welches im Allgemeinen durch folgendes Ver ren geschieht. Zuerst legt man die gereinigten Knochen in kaustische Kalilauge, um das Fett zu extrahiren, wobei Kali nicht eigentlich verloren wird, indem man das damit bundene Fett durch Feuer zerstören und dasselbe somit wi erhalten kann. Hiernach werden die rein gewaschenen K chen mit vielem Wasser in Tröge, am besten steinerne, get und wiederholt der Einwirkung von zugegossener Salzs ausgesetzt, welche die erdigen Theile auflöset, und mit abgelassenen Wasser abfliefst, bis die blofse Gelatina zuri bleibt. Die Beinknochen der Ochsen behalten hierbei ihre Form bei, werden wiederholt mit Wasser gewaschen, Länge nach aufgeschnitten, ganz zuletzt in kochendes Wa blofs einmal eingetaucht und an der Luft langsam getrock worauf sie sich lange aufheben lassen, und mit Wasser Salz gekocht einen vortrefflichen Bouillon geben sollen.

Der eigentliche *Papinische Digestor* ist zwar aus oben angegebenen Gründen in der Oekonomie für den gewö lichen Gebrauch nicht geeignet, aber eben so sicher ist a die nachgewiesene grofse Ersparnifs von Brennmaterial du denselben. Ist nämlich ein dampfdicht verschlossener T einmal bis zur Siedehitze erwärmt, so darf nur so viel Wä stets zugeführt werden, als derselbe an die umgebende Luft giebt, welche Menge sehr geringe ist. Aufserdem aber l sich die Temperatur leicht einige Grade über den Siedep erhöhen, und dadurch ohne den nachtheiligen Einflufs e

1 Ann. de Chim. XCII. 300. Schweigg. J. XIII. 349.

starken Hitze ein schnelleres Erweichen der Speisen erlan-
. Es ist daher in der That zu verwundern, dafs man in
sen indüstriösen Zeiten eine in England sehr gemeine Art
ener Digestoren nicht allgemeiner eingeführt hat, welche
ht zu behandeln, gefahrlos und obendrein nicht kostbar
, da man sich doch der für die Gesundheit unschädlichen,
leich durch Färbung der Speisen zuweilen etwas unangeneh-
, eisernen Kochgeschirre so häufig bedient. Sie bestehen
einem gewöhnlichen eisernen Topfe A, von beliebiger Form Fig.
Gröfse, mit einem nach Aufsen etwas umgebogenen Rande, 174.
welchen der Deckel mit seinem vorstehenden Ringe $\gamma\gamma$ ein-
hliffen ist. Der Rand des Deckels trägt zwei einander dia-
ral gegenüber stehende, hier im Durchschnitte angedeutete,
as aufgebogene Arme α, α, unter welche die nach dem Ein-
eifen auf dem Deckel befestigten Vorsprünge β, β sich beim
umdrehen des Deckels um seine Axe festklemmen, und auf
. Weise den Deckel andrücken, welcher ohnehin durch
eigenes Gewicht schon festliegt, und durch eine leichte
hung in die erforderliche Lage gebracht und so befestigt
den kann. Der Deckel ist in der Mitte etwas dicker, hat
lbst die stark konische Oeffnung und das eingeschliffene
elventil δ, mit dem Stiele λ, welcher durch die Handhabe
so gesteckt ist, dafs das Ventil sich zwar heben, aber nicht
ausfallen kann. Wird ein solcher Topf auf die gewöhnliche
se zum Kochen benutzt, und das Wasser in demselben nur
ige Grade über die Siedehitze erwärmt, so werfen die
pfe das Ventil in die Höhe, und je öfter dieses geschieht,
desto mehr mufs man das Feuer unter demselben mäfsigen,
ches die einzige dabei zu beobachtende Regel ist. *M.*

Dioptrik.

optrica; dioptrique; *dioptrik;* ist derjenige Theil
Lehre vom Lichte, welcher den *Durchgang des Lichtes*
ch durchsichtige Körper betrifft.

Wenn der Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Körper, in
eigter Richtung gegen die Oberfläche, in einen andern über-
ht, so wird er gebrochen, und die Untersuchung über die
setze dieser Brechung im Allgemeinen, und die Gröfse der-

selben bei einzelnen Körpern, macht daher einen Haup
Dioptrik aus. An diese Lehre schliefst sich die Unt
über die Brechung in Körpern von gegebener Gestalt,
Brechung in Linsengläsern einen vorzüglichen Platz
da auf ihr die Kenntnifs von dem Bau des Auges,
Nutzen der Brillen, der einfachen Vergröfserungsgläs
beruht. Aus der richtigen Verbindung mehrerer solcl
entstehen die Fernröhre und Mikroskope, deren Anor
Dioptrik lehrt. Sie handelt ferner von der ungleichen
der verschiedenen Farbenstrahlen, der Brechung des
der Atmosphäre; und die Erklärung mancher opti
scheinungen, des Regenbogens, der Luftspiegelung u.
gen von ihr ab. Auch die Lehre von der Beugung
pflegt man hieher zu rechnen.

Ganz unbekannt waren auch die Alten nicht
Lehren, indem sich in Ptolemaeus Optik [1] Versuch
Brechung des Lichtes finden. Etwas mehr vervollk
Alhazen und Vitellio (im 12ten und 13ten Jahrh. n
sto) diese Wissenschaft [2], indem sie diese Versuche
Brechung der Lichtstrahlen bei verschiedenen Einfal
vermehrten. Dennoch war an eine theoretische Ent
der Gründe, warum Gläser von gewissen Formen
Fernsichtigen das Sehen erleichtern, noch nicht geda
den, als um das Ende des 13ten Jahrhunderts die Brill
den wurden. Auch Maurolycus [3] und Porta (der
der camera obscura) [4] brachten die Wissenschaft nic
lich weiter, wenn gleich des Maurolycus Betrachtun
die Brechung in Kugeln u. s. w. immer recht schätzba

Kepler's [5] Bemühungen waren auch dieser Wis
von grofsem Nutzen. Er untersuchte die Brechung
und fand eine Regel dafür, die zwar noch von der

---

1 Vergl. Art. *Brechung.*

2 Ihre Schriften stehen in Risneri thesaurus opticae. Bas

3 De lumine et umbra. Venet. 1575.

4 Magiae naturalis Libri IV. Neap. 1558.

5 Paralipomena ad Vitellionem Francof. 1604. und Dio
demonstratio eorum, quae visui et visibilibus propter conspici
dunt. Aug. Vind. 1611.

lich, aber doch derselben nahe genug kam, um den Bau Auges und die Wirkungen der Fernröhre richtig zu erklä-. Von ihm rührt auch der Name *Dioptrik* her, neben chem doch auch der Name *Anaklastik* von vielen ge-acht worden ist. Zu seiner zweiten Schrift hatte die Ent-kung der Fernröhre Veranlassung gegeben, um deren Ver-kommnung Kepler sich bedeutende Verdienste erwarb.

Die Entdeckung des wahren Gesetzes der Brechung durch llius [1], welches Cartesius zuerst bekannt machte [2], und lere Untersuchungen darauf gründete, machte es endlich lich, die dioptrischen Untersuchungen mit geometrischer nge fortzuführen, und Folgerungen, die mit der Natur über-timmend waren, und Nutzen in der Anwendung gewährten, auf zu gründen. Huygens [3] gab hiervon ein schönes Bei-l; er bestimmte die Erscheinungen, die sich durch eine Lin-und durch mehrere Linsen darstellen müssen, gab die vor-afte Anordnung der Fernröhre genauer an u. s. w.

Auch Gregory [4] und Barrow [5] trugen durch ihre Schrif-zur Vervollkommnung dieser Wissenschaft bei, und Kir-[6], Schott [7] Zahn [8] die sich mit Verbesserung der opti-n Instrumente beschäftigten, verdienen gleichfalls als Beför-r der Wissenschaft genannt zu werden. Doch verdient von gens noch besonders angeführt zu werden, dafs er die Un-chungen über die doppelte Brechung des Kalkspaths durch n Fleifs im Beobachten und seinen Scharfsinn im Erklären it forderte, dafs fast ein ganzes Jahrhundert verflofs, ehe Lehre durch neue bedeutende Erweiterungen vervoll-nnet wurde.

Die Lehre von den Farben war in dieser ganzen Zeit noch t als der Dioptrik angehörend behandelt worden; denn ob-

1 Vergl. Art. *Brechung*.
2 Cartesii dioptrica.
3 Hugenii dioptrica in s. opp. posth. Lugd. Batav. 1703.
4 Elem. catoptrices et dioptrices. Oxon. 1695.
5 Lectiones opticae. Lond. 1674.
6 Ars magna lucis et umbrae. Romae 1646.
7 Magica universalis Pars. I. Optica. Francof. 1657.
8 Zahn oculus artificialis teledioptricus. Herbipoli. 1685.

gleich man vieles über die Farben geschrieben hatte[1], man sie doch meistens nur als eine Mischung von L Schatten, welches doch eigentlich heifst, von Licht sternifs, angesehen, und diese, keiner deutlichen Entv fähige Vorstellung konnte keine geometrische Betrachl bieten. Newton[2] entdeckte zuerst die ungleiche Bre der farbigen Strahlen und die Zerstreuung, welcher d Licht bei der Brechung unterworfen ist, indem aus den Lichtstrahle farbige Strahlen, jeder anders als der and chen hervorgehen. Diese verschiedene Brechbarkeit einen reichen Gegenstand zu weitern Untersuchungen zeigte den Grund, warum die Gegenstände im Fernrc erschienen, und setzte in Stand, die einer jeden Farb rige Lage des Brennpuncts bei Linsengläsern zu berechı dadurch aber auch zu bestimmen, dafs hieraus eine du Abweichung von der Kugelform zu hebende Undeutlic Bildes im Fernrohr entstehen müsse. Diese Ueberzeu die (nachher als irrig erkannte) Meinung Newtons, (Gläser aus verschiedenartigen Materien zusammengeset Farbenzerstreuung nie heben könnten, veranlafste ihn hoffte gröfsere Vervollkommnung der dioptrischen F als ganz unmöglich anzusehen, und daher die Spiegel zu empfehlen. Diese Meinung blieb lange geltend, da lerdings vielleicht geblendet durch Newtons Autorit überlegte, dafs die Versuche, wodurch die Unmöglichk mittelst zusammengesetzter Gläser farbenlose Bilder zu erwiesen seyn sollte, viel zu unvollkommen wären. gab zuerst den Gedanken von der Möglichkeit farbenl ser an, und Dollond verfertigte[4] sie wirklich. Die gr besserung, welche dadurch die Fernröhre erhielten, ist und da die Hindernisse, welche in der Unvollkomme Glasarten lagen, nach und nach immer vollständiger ü den werden, so dürfen wir hoffen, dafs die grofse En

1 worüber v. Göthe's Farbenlehre kann nachgesehen we

2 Optice s. de reflexionibus, refractionibus et coloribu Sam. Clarke. Laus. et Genevae 1740. 4.

3 Mém. de l'acad. de Berlin. 1747. S. 274.

4 S. Art. *Fernrohr; achromatische Fernröhre.*

achromatischen Fernröhre noch immer neue und gröſsere
esserungen der Instrumente herbeiführen wird. Die un-
inen Fortschritte, welche in den neuesten Zeiten die Kunst,
e und sehr vollkommene dioptrische Fernröhre zu verfer-
, durch Frauenhofers Bemühungen gemacht hat [1], läſst
n, daſs wir das höchste Ziel noch nicht erreicht haben,
daſs dieser treffliche Künstler seine, von niemand über-
men, Fernröhre noch selbst übertreffen wird. Auch die
en optischen Werkzeuge haben nach und nach groſse Ver-
rungen erhalten, die hier nicht im Einzelnen erzählt wer-
önnen.

Die Darstellung optischer Untersuchungen in analytischer
sender Form hatte zwar Halley [2] schon zu Bestimmung
rennweite der Linsengläser angewandt, aber Kästner war
erste, der eine vollständige Anwendung der analytischen
ungen auf die Dioptrik lieferte [3]. Clairaut, d'Alembert
Klingenstierna wandten diese Untersuchungen nur auf die
matischen Fernröhre an; L. Euler aber suchte alles, was
ioptrik gehört, in Formeln darzustellen, und seine Diop-
ist unstreitig als theoretische Darstellung sehr schätzens-
, wenn gleich die Vervollkommnung der Instrumente we-
rch seine Untersuchungen, noch durch die Untersuchun-
Klügels [5] so viel scheint gewonnen zu haben, als der in
Werken entwickelte Scharfsinn hoffen lieſs.

Mit neuen, groſsen Entdeckungen wurde die Dioptrik erst
neuesten Zeiten wieder bereichert, da die Erweiterun-
welche die Lehre von der doppelten Brechung erhielt, und
ran sich knüpfende Lehre von der Polarisirung des Lich-
nz neue und unerwartete Entdeckungen darboten. Ma-
Biot, Seebek, Brewster und Herschel haben sich um die
iterung dieser Lehre am meisten verdient gemacht. Auch

---

1 Von einem der vorzüglichsten Fernröhre Frauenhofers giebt Nachricht in v. Zach Correspondance astronomique. XII. 282.
2 Philos. Transact. for 1693.
3 Smiths Lehrbegriff der Optik, mit Zusätzen von Kästner. Altg. 1755.
4 Dioptrica auct. Leonh. Eulero. 3 Vol. 4. Petrop. 1769.
5 Klügels analytische Dioptrik. Leipz. 1778. 4.

gleich man vieles über die Farben geschrieben hatte
man sie doch meistens nur als eine Mischung von
Schatten, welches doch eigentlich heifst, von Lich
sternifs, angesehen, und diese, keiner deutlichen En
fähige Vorstellung konnte keine geometrische Betrac
bieten. NEWTON [2] entdeckte zuerst die ungleiche B
der farbigen Strahlen und die Zerstreuung, welcher
Licht bei der Brechung unterworfen ist, indem aus d
Lichtstrahle farbige Strahlen, jeder anders als der a
chen hervorgehen. Diese verschiedene Brechbarke
einen reichen Gegenstand zu weitern Untersuchung
zeigte den Grund, warum die Gegenstände im Fern
erschienen, und setzte in Stand, die einer jeden Far
rige Lage des Brennpuncts bei Linsengläsern zu berec
dadurch aber auch zu bestimmen, dafs hieraus eine d
Abweichung von der Kugelform zu hebende Undeutl
Bildes im Fernrohr entstehen müsse. Diese Ueberze
die (nachher als irrig erkannte) Meinung NEWTONS,
Gläser aus verschiedenartigen Materien zusammenges
Farbenzerstreuung nie heben könnten, veranlafste ih
hoffte gröfsere Vervollkommnung der dioptrischen
als ganz unmöglich anzusehen, und daher die Spieg
zu empfehlen. Diese Meinung blieb lange geltend, d
lerdings vielleicht geblendet durch NEWTONS Autor
überlegte, dafs die Versuche, wodurch die Unmöglicl
mittelst zusammengesetzter Gläser farbenlose Bilder z
erwiesen seyn sollte, viel zu unvollkommen wären.
gab zuerst den Gedanken von der Möglichkeit farber
ser an, und DOLLOND verfertigte [4] sie wirklich. Die g
besserung, welche dadurch die Fernröhre erhielten, is
und da die Hindernisse, welche in der Unvollkomm
Glasarten lagen, nach und nach immer vollständiger
den werden, so dürfen wir hoffen, dafs die grofse E

1 worüber v. GÖTHE's Farbenlehre kann nachgesehen w

2 Optice s. de reflexionibus, refractionibus et coloribı
Sam. Clarke. Laus. et Genevae 1740. 4.

3 Mém. de l'acad. de Berlin. 1747. S. 274.

4 S. Art. *Fernrohr; achromatische Fernröhre.*

achromatischen Fernröhre noch immer neue und gröſsere ...sserungen der Instrumente herbeiführen wird. Die un...men Fortschritte, welche in den neuesten Zeiten die Kunst, ... und sehr vollkommene dioptrische Fernröhre zu verfer..., durch Frauenhofers Bemühungen gemacht hat [1], läſst ..., daſs wir das höchste Ziel noch nicht erreicht haben, daſs dieser treffliche Künstler seine, von niemand über...men, Fernröhre noch selbst übertreffen wird. Auch die ...en optischen Werkzeuge haben nach und nach groſse Ver...rungen erhalten, die hier nicht im Einzelnen erzählt wer...önnen.

Die Darstellung optischer Untersuchungen in analytischer ...nder Form hatte zwar Halley [2] schon zu Bestimmung ...rennweite der Linsengläser angewandt, aber Kästner war ...rste, der eine vollständige Anwendung der analytischen ...ungen auf die Dioptrik lieferte [3]. Clairaut, d'Alembert ...Klingenstierna wandten diese Untersuchungen nur auf die ...matischen Fernröhre an; L. Euler aber suchte alles, was ...ioptrik gehört, in Formeln darzustellen, und seine Diop... ist unstreitig als theoretische Darstellung sehr schätzens..., wenn gleich die Vervollkommnung der Instrumente we...urch seine Untersuchungen, noch durch die Untersuchun... Klügels [5] so viel scheint gewonnen zu haben, als der in ... Werken entwickelte Scharfsinn hoffen lieſs.

Mit neuen, groſsen Entdeckungen wurde die Dioptrik erst ... neuesten Zeiten wieder bereichert, da die Erweiterun...welche die Lehre von der doppelten Brechung erhielt, und ...an sich knüpfende Lehre von der Polarisirung des Lich...ganz neue und unerwartete Entdeckungen darboten. Ma...Biot, Seebek, Brewster und Herschel haben sich um die ...iterung dieser Lehre am meisten verdient gemacht. Auch

---

[1] Von einem der vorzüglichsten Fernröhre Frauenhofers giebt Nachricht in v. Zach Correspondance astronomique. XII. 282.
[2] Philos. Transact. for 1693.
[3] Smiths Lehrbegriff der Optik, mit Zusätzen von Kästner. Al...g. 1755.
[4] Dioptrica auct. Leonh. Eulero. 3 Vol. 4. Petrop. 1769.
[5] Klügels analytische Dioptrik. Leipz. 1778. 4.

gleich man vieles über die Farben geschrieben hatte[1]
man sie doch meistens nur als eine Mischung von
Schatten, welches doch eigentlich heifst, von Licht
sternifs, angesehen, und diese, keiner deutlichen Ent
fähige Vorstellung konnte keine geometrische Betrac
bieten. Newton[2] entdeckte zuerst die ungleiche Br
der farbigen Strahlen und die Zerstreuung, welcher
Licht bei der Brechung unterworfen ist, indem aus de
Lichtstrahle farbige Strahlen, jeder anders als der an
chen hervorgehen. Diese verschiedene Brechbarkei
einen reichen Gegenstand zu weitern Untersuchunge
zeigte den Grund, warum die Gegenstände im Ferni
erschienen, und setzte in Stand, die einer jeden Far
rige Lage des Brennpuncts bei Linsengläsern zu berecl
dadurch aber auch zu bestimmen, dafs hieraus eine d
Abweichung von der Kugelform zu hebende Undeutl
Bildes im Fernrohr entstehen müsse. Diese Ueberze
die (nachher als irrig erkannte) Meinung Newtons,
Gläser aus verschiedenartigen Materien zusammenges
Farbenzerstreuung nie heben könnten, veranlafste ih
hoffte gröfsere Vervollkommnung der dioptrischen
als ganz unmöglich anzusehen, und daher die Spieg
zu empfehlen. Diese Meinung blieb lange geltend, d
lerdings vielleicht geblendet durch Newtons Autor
überlegte, dafs die Versuche, wodurch die Unmöglicl
mittelst zusammengesetzter Gläser farbenlose Bilder z
erwiesen seyn sollte, viel zu unvollkommen wären.
gab zuerst den Gedanken von der Möglichkeit farben
ser an, und Dollond verfertigte[4] sie wirklich. Die g
besserung, welche dadurch die Fernröhre erhielten, is
und da die Hindernisse, welche in der Unvollkomm
Glasarten lagen, nach und nach immer vollständiger
den werden, so dürfen wir hoffen, dafs die grofse E

---

1 worüber v. Göthe's Farbenlehre kann nachgesehen w

2 Optice s. de reflexionibus, refractionibus et coloribu
Sam. Clarke. Laus. et Genevae 1740. 4.

3 Mém. de l'acad. de Berlin. 1747. S. 274.

4 S. Art. *Fernrohr; achromatische Fernröhre.*

achromatischen Fernröhre noch immer neue und gröſsere
esserungen der Instrumente herbeiführen wird. Die un-
inen Fortschritte, welche in den neuesten Zeiten die Kunst,
und sehr vollkommene dioptrische Fernröhre zu verfer-
, durch FRAUENHOFERS Bemühungen gemacht hat [1], läſst
n, daſs wir das höchste Ziel noch nicht erreicht haben,
daſs dieser treffliche Künstler seine, von niemand über-
nen, Fernröhre noch selbst übertreffen wird. Auch die
en optischen Werkzeuge haben nach und nach groſse Ver-
rungen erhalten, die hier nicht im Einzelnen erzählt wer-
önnen.

Die Darstellung optischer Untersuchungen in analytischer
nder Form hatte zwar HALLEY [2] schon zu Bestimmung
rennweite der Linsengläser angewandt, aber KÄSTNER war
rste, der eine vollständige Anwendung der analytischen
ungen auf die Dioptrik lieferte [3]. CLAIRAUT, d'ALEMBERT
LINGENSTIERNA wandten diese Untersuchungen nur auf die
atischen Fernröhre an; L. EULER aber suchte alles, was
optrik gehört, in Formeln darzustellen, und seine Diop-
ist unstreitig als theoretische Darstellung sehr schätzens-
, wenn gleich die Vervollkommnung der Instrumente we-
rch seine Untersuchungen, noch durch die Untersuchun-
LÜGELS [5] so viel scheint gewonnen zu haben, als der in
Werken entwickelte Scharfsinn hoffen lieſs.

Mit neuen, groſsen Entdeckungen wurde die Dioptrik erst
neuesten Zeiten wieder bereichert, da die Erweiterun-
elche die Lehre von der doppelten Brechung erhielt, und
an sich knüpfende Lehre von der Polarisirung des Lich-
nz neue und unerwartete Entdeckungen darboten. MA-
IOT, SEEBEK, BREWSTER und HERSCHEL haben sich um die
terung dieser Lehre am meisten verdient gemacht. Auch

Von einem der vorzüglichsten Fernröhre Frauenhofers giebt
Nachricht in v. Zach Correspondance astronomique. XII. 282.

Philos. Transact. for 1693.

Smiths Lehrbegriff der Optik, mit Zusätzen von Kätsner. Al-
g. 1755.

Dioptrica auct. Leonh. Eulero. 3 Vol. 4. Petrop. 1769.

Klügels analytische Dioptrik. Leips. 1778. 4.

gleich man vieles über die Farben geschrieben hatte
man sie doch meistens nur als eine Mischung von
Schatten, welches doch eigentlich heifst, von Licht
sternifs, angesehen, und diese, keiner deutlichen Ent
fähige Vorstellung konnte keine geometrische Betrac
bieten. Newton [2] entdeckte zuerst die ungleiche Br
der farbigen Strahlen und die Zerstreuung, welcher
Licht bei der Brechung unterworfen ist, indem aus de
Lichtstrahle farbige Strahlen, jeder anders als der an
chen hervorgehen. Diese verschiedene Brechbarkei
einen reichen Gegenstand zu weitern Untersuchunge
zeigte den Grund, warum die Gegenstände im Fern
erschienen, und setzte in Stand, die einer jeden Far
rige Lage des Brennpuncts bei Linsengläsern zu berecl
dadurch aber auch zu bestimmen, dafs hieraus eine d
Abweichung von der Kugelform zu hebende Undeutl
Bildes im Fernrohr entstehen müsse. Diese Ueberze
die (nachher als irrig erkannte) Meinung Newtons,
Gläser aus verschiedenartigen Materien zusammenges
Farbenzerstreuung nie heben könnten, veranlafste ih
hoffte gröfsere Vervollkommnung der dioptrischen
als ganz unmöglich anzusehen, und daher die Spieg
zu empfehlen. Diese Meinung blieb lange geltend, d
lerdings vielleicht geblendet durch Newtons Autor
überlegte, dafs die Versuche, wodurch die Unmöglicl
mittelst zusammengesetzter Gläser farbenlose Bilder z
erwiesen seyn sollte, viel zu unvollkommen wären.
gab zuerst den Gedanken von der Möglichkeit farber
ser an, und Dollond verfertigte [4] sie wirklich. Die g
besserung, welche dadurch die Fernröhre erhielten, is
und da die Hindernisse, welche in der Unvollkomm
Glasarten lagen, nach und nach immer vollständiger
den werden, so dürfen wir hoffen, dafs die grofse E

1 worüber v. Göthe's Farbenlehre kann nachgesehen w
2 Optice s. de reflexionibus, refractionibus et coloribu
Sam. Clarke. Laus. et Genevae 1740. 4.
3 Mém. de l'acad. de Berlin. 1747. S. 274.
4 S. Art. *Fernrohr; achromatische Fernröhre.*

achromatischen Fernröhre noch immer neue und gröfsere
sserungen der Instrumente herbeiführen wird. Die un-
inen Fortschritte, welche in den neuesten Zeiten die Kunst,
e und sehr vollkommene dioptrische Fernröhre zu verfer-
, durch FRAUENHOFERS Bemühungen gemacht hat [1], läfst
n, dafs wir das höchste Ziel noch nicht erreicht haben,
dafs dieser treffliche Künstler seine, von niemand über-
men, Fernröhre noch selbst übertreffen wird. Auch die
en optischen Werkzeuge haben nach und nach grofse Ver-
rungen erhalten, die hier nicht im Einzelnen erzählt wer-
önnen.

Die Darstellung optischer Untersuchungen in analytischer
ender Form hatte zwar HALLEY [2] schon zu Bestimmung
rennweite der Linsengläser angewandt, aber KÄSTNER war
rste, der eine vollständige Anwendung der analytischen
ungen auf die Dioptrik lieferte [3]. CLAIRAUT, d'ALEMBERT
KLINGENSTIERNA wandten diese Untersuchungen nur auf die
matischen Fernröhre an; L. EULER aber suchte alles, was
ioptrik gehört, in Formeln darzustellen, und seine Diop-
ist unstreitig als theoretische Darstellung sehr schätzens-
, wenn gleich die Vervollkommnung der Instrumente we-
rch seine Untersuchungen, noch durch die Untersuchun-
KLÜGELS [5] so viel scheint gewonnen zu haben, als der in
Werken entwickelte Scharfsinn hoffen liefs.

Mit neuen, grofsen Entdeckungen wurde die Dioptrik erst
neuesten Zeiten wieder bereichert, da die Erweiterun-
elche die Lehre von der doppelten Brechung erhielt, und
an sich knüpfende Lehre von der Polarisirung des Lich-
nz neue und unerwartete Entdeckungen darboten. MA-
IOT, SEEBEK, BREWSTER und HERSCHEL haben sich um die
terung dieser Lehre am meisten verdient gemacht. Auch

---

[1] Von einem der vorzüglichsten Fernröhre Frauenhofers giebt
Nachricht in v. Zach Correspondance astronomique. XII. 282.

[2] Philos. Transact. for 1693.

[3] Smiths Lehrbegriff der Optik, mit Zusätzen von Kätsuer. Al-
...

... Leonh. ... Vol. 4. Petrop. 1769.
... 4.

von Göthe's Untersuchungen über die Farbenlehre[1] d
hier nicht unerwähnt bleiben, obgleich sie weniger der ei
lichen Dioptrik als der Lehre von den physiologischen F
erscheinungen Nutzen gebracht haben.

Die Geschichte der Dioptrik ist von Priestley[2] abg
delt und sein Werk durch Zusätze von Klügel verbessert
den; aber dieses, jetzt 50 Jahre alte Buch, würde alle
bedeutende Zusätze erfordern, um den gegenwärtigen Zu
der Wissenschaft richtig darzustellen.

Lehrbücher, die der Dioptrik allein gewidmet, den je
Zustand dieser Wissenschaft ganz befriedigend darstellten
sitzen wir, soviel mir bekannt ist, nicht, indem

Langsdorf's Grundlehren der Photometrie oder der
schen Wissenschaften. 2 Theile. Erlangen. 1803 sich
den schwerfälligen Vortrag nicht empfehlen, und

Bischoff's praktische Abhandlung der Dioptrik.
Auflage. 1800 — nicht umfassend genug ist.

In den ausführlichern Lehrbüchern der Physik nimmt
die Dioptrik einen sehr bedeutenden Platz ein, aber die a
führte mathematische Untersuchung über Fernröhre u.
kann gleichwohl dort nicht abgehandelt werden. Umstä
cher als andre Lehrbücher der Physik behandelt Robiso
Anwendungen der Mathematik auf die Dioptrik in

Robisons system of mechanical philosophy. (New Ed
with notes by Brewster. 1822.) 4 Volumes. 8.

Die physikalischen Lehren sind in

Biot's traité de physique, mathématique et expérimen
Tome III. IV. mit grofser Vollständigkeit vorgetragen, abe
mathematischen Untersuchungen über Fernröhre, Mikros
u. s. w. gehörten nicht in seinen Plan. *B.*

Dipsector.

Ein im J. 1817 von Dr. Wollaston angegebenes In
ment, um auf dem Meere die Depression des Horizontes zu

---

1 Zur Farbenlehre, von Göthe.

2 Priestley's Geschichte und gegenwärtiger Zustand der O
übers. mit Zusätzen von Klügel. 1776.

aus dem Englischen *Dip* (Tiefe des Horizontes) und ..or, welches ein Messinstrument von wenigen Graden be..net. MNOP stellt die Fläche des Dipsectors dar, so wie Fig. 175. ..eobachter denselben in verticaler Richtung am Handgriff R ..ich hält. In A und B sind senkrecht auf die Ebene des ..uments zwei Spiegel, welche einen rechten Winkel mit ein..n bilden; A ist fest, und nur an der untern Hälfte belegt, ..durchsichtig; B ist um ein Centrum beweglich, ist ganz ..t und trägt die Alhidade BL, welche auf dem Gradbogen ..den Winkel angiebt. FTG ist ein Fernrohr, parallel mit ..bene des Sectors, an dem Träger T befestigt. Bei G tritt ..emselben winkelrecht gegen den Beobachter die Ocular..r heraus, welche die aus A durch das Objectiv F kommen..Strahlen nicht directe, sondern durch einen im Fernrohr ..r G befindlichen um 45° geneigten Spiegel reflectirt em..t. Der Träger T läfst sich auf die bei den Sextanten ge..hliche Weise heben und senken, um je nach Erfordernifs ..Strahlen vom belegten oder vom durchsichtigen Theile des ..ls A ins Auge gelangen zu lassen. Die Handgriffe Q und R ..n um durch das Instrument in aufrechter sowohl als um..rter Stellung beobachten zu können.

..er Gebrauch dieses Instruments ist folgender: Gesetzt der ..rer wollte zum Behuf einer Mittagsbeobachtung die De..on des südlichen Horizontes auf seinem Schiffe untersu.. so stellt er sich mit dem Angesicht gegen Osten, und ..en Dipsector am Handgriff R gerade vor sich. In das ..bei G hineinsehend, erblickt er durch den unbelegten ..des Spiegels A den Horizont H im Norden; sodann be- Fig. 176. ..er die Alhidade L so lange gegen P hin, bis er den süd..Horizont h, dessen Bild von B nach A geworfen wird, ..em Erstern in Berührung bringt. Er mifst auf diese Weise ..ogen HZh, und das Instrument zeigt ihm den Ueberschufs ..Winkels über 180°. In unveränderter Stellung des Kör..kehrt er nun den Dipsector in verticaler Richtung um, ..ergreift die Handhabe Q. Im Ocular G wird er alsdann ..h den unbelegten Theil von A den südlichen Horizont h di..wahrnehmen, mufs aber um das Bild des nördlichen Hori..s H mit diesem in Berührung zu bringen, die Alhidade ..O hin bewegen, wodurch er den Bogen HNh oder den

Defect von 180° erhält. Der halbe Abstand beider An
von einander giebt nun (frei vom Indexfehler) die Summ
Depressionen des südlichen und nördlichen Horizontes;
Hälfte wird für die gesuchte Erniedrigung des Südhorizon
Beziehung auf die Höhe CD des Beobachters über dem M
und die Wirkung der Refraction angenommen.

Beispiel. Auf der Reise nach der Baffinsbay machte
Ross den 29. Aug. 1818 folgende Beobachtung mit dem D
tor. Richtung NE und SW nach dem Compafs. Bew
Himmel. Breite des Orts 75° N; Länge 77° W. Temp
des Wassers an der Oberfläche 36° F. (1°,8 R.) Temperat
Luft 34° F. (0°,9 R.).

Die Alhidade oben.	Die Alhidade unten
2° 46′ 50″	2° 59′ 45″
2 46 59	2 59 55
2 46 41	3 0 15
Mittel 2 46 50	Mittel 2 59 58

Unterschied = 13′ 8″; hiervon der vierte Theil
= 3′ 17″ beobachtete Depression des Horizontes.
4 11; Depression des Horizontes nach Mendoza's
——— für die Höhe von 18 Fufs.
— 54″; Erhebung des Horizontes durch ungewöhnlich
fraction.

Der Indexfehler dieses Instruments war also = 2° 5
Die Beobachtung läfst sich, wie man leicht einsieht, nic
durch Umkehrung des Instruments variiren, sondern au
durch, dafs der Beobachter sein Azimuth um 180° ver
so dafs er mit umgekehrtem Instrumente den nämlichen
des Horizonts directe ansieht. Wesentlich ist es, dafs d
strument genau vertical gehalten werde, weil sonst die
zonte sich durchschneiden, nicht berühren.

Der Nutzen des Dipsectors zur genauen Bestimmung d
den zur See gemessenen Höhen anzubringenden Correction
sich nicht verkennen. In Meeren von geringer Tiefe betr
Veränderung der scheinbaren Höhe des Horizontes oft 3
Minuten. Der Einflufs dieses Fehlers ist nicht nur bei Br
bestimmungen, sondern eben so sehr bei den Höhen, d
Zeitbestimmung und der geographischen Länge gebraucht

en, von Wichtigkeit. Da jedoch schwerlich anzunehmen ist, afs die Hebung oder Senkung des Horizontes durch die veränerliche Wirkung der Refraction im ganzen Umkreis desselben ie nämliche sey, so möchte es dienlich seyn, die Degression it dem Dipsector in verschiedenen Durchschnitten zu unterchen, und überhaupt die Differenz der Angaben des Instruents nicht geradezu durch 4 zu dividiren; sondern von der älfte desselben die Degression der Tafeln abzuziehen; der Rest ibe dann die wirkliche Erniedrigung desjenigen Punctes am orizonte, in welchem das Spiel der Refraction vorherrschend t. Dafs bei solchen Beobachtungen der Stand des Barometers nd Thermometers, die Temperatur und Tiefe des Wassers, und le auffallenden Umstände notirt werden sollten, bedarf keier Erinnerung. Die Leichtigkeit, mit welcher vermittelst des ipsectors die Beobachtung der terrestrischen Strahlenbrechung gestellt werden kann, macht öftere Untersuchungen derselben n der Hand geschickter Seefahrer sehr wünschenswerth, sie nnten uns allmälig über den wahrscheinlichsten Werth des den Tafeln angenommenen Refractions-Coefficienten und er die Modificationen desselben (je nach dem Zustande der mosphäre, der Temperatur und Tiefe des Wassers) eine für Nautik nicht überflüssige Belehrung verschaffen.

Der *Dipsector* liefse sich auch mit Vortheil zur Bestimng der Depression der Küsten, mithin ihrer Entfernung gechen; und dadurch den oft schwankenden, durch Behtung und die Beschaffenheit des Landes oft irregeleiteten ätzungen eine nützliche Berichtigung gewähren. *H.*

Dissonanz. S. **Ton.**

Dokimasie.

robirkunst; *Docimasia ars*, *Docimastica;* **Domasie** (von δοκιμασία Läuterung, Prüfung) ist derjenige eil der analytischen Chemie, welcher die in natürlichen und stlichen Gemischen vorkommenden, im gemeinen Leben uchbareren, schweren Metalle ihrer Natur und Menge nach stimmen lehrt. *G.*

Donner.

Donnerschlag, Donnerknall; *Tonitru;* T nerre; *Thunder, Thunderclap;* heifst der mit Ausbruche des Blitzes verbundene Knall. Dieses zu Schreckenden der Gewitter besonders beitragende Phänome schon von den Alten einer Erschütterung der Luft zugesch ben worden, nur über die Art und Veranlassung dieser schütterung waren die Meinungen verschieden. SENECA [1] st sich die Gewitterwolken als grofse Blasen voll Luft vor, zuweilen aufgehen, und die eingeschlossene Luft heraus la DES CARTES [2] setzte voraus, die Wolken beständen aus bl Schneetheilchen. Weil er nun auf den Alpen selbst ge hatte, dafs die grofsen Schneelavinen, die von den Bergen ab in die Thäler rollen, ein dem Donner ähnliches Kra verursachen, so glaubte er, der Donner werde durch den oder das Herabstürzen einer Wolke auf die andere verurs der Blitz aber sey die Entzündung der feuerfangenden T chen, welche in der Luft schwebten, und durch das be Zusammenpressung entstehende Reiben entzündet würden. dere haben den Donner für das Poltern grofser in der Lu einander stofsender Eisschichten erklärt. Noch thöric Meinungen über Blitz und Donner erzählt SCHOTT [3].

Erst seitdem man die Aehnlichkeit des Blitzes mit elektrischen Funken und Schlage (nachdem schon im 1708 Dr. WALL dieselbe zuerst bemerkt, dann aber durch LET im Jahre 1743, durch WINKLER im Jahre 1746 als Satz gestellt, und endlich durch FRANKLIN im Jahre 1747 und sonders durch seine und DE ROMAS Versuche mit dem ele schen Drachen im Jahre 1752 in das hellste Licht gesetzt den war) schien in der Analogie dieser beiden Erscheinu zugleich auch die einfache Erklärung jenes merkwürdigen nomens des Donners gegeben zu seyn. Jeder Ausbruch elektrischen Funkens oder Schlags giebt einen Laut, indem Luft, durch welche er bricht, mit Gewalt getrennt, und

---

1 Quaest. natur. II. 16.

2 Meteor. Cap. 7.

3 Physica curiosa. Herbipoli 1667. Lib. X. c. 2.

n sich gewöhnlich ausdrückt, erschüttert wird. Auch ist ser Laut oder Knall desto stärker, je gröfser oder dichter r Funken oder Schlag ist, und je mehr Widerstand er auf m Wege findet, durch den er gehen mufs, d. h. je häufiger d stärker die Explosionen sind, die er während seines Ueganges zum Ziele zu machen genöthigt wird. So naturgeifs nun beim ersten Anblick dadurch die Erklärung des Donrs geworden zu seyn scheint, so ergeben sich doch bei nähe: Vergleichung mancherlei Schwierigkeiten, da beim Donner wöhnlich Erscheinungen vorkommen, von denen uns unsere ktrischen Funken und Schläge durchaus nichts ähnliches zei-, wozu vorzüglich das so merkwürdige Rollen des Donners ört, wozu denn noch der Umstand kommt, dafs selbst das n ersten Anschein nach so einfach zu deutende Phänomen durch den gewöhnlichen elektrischen Funken oder Schlag stehenden knackenden oder schnappenden Lautes selbst, was se eigentliche nächste Ursache betrifft, verschiedene Erklägen zuläfst. Man wird es also um so weniger auffallend len, dafs jetzt noch die Erklärungen der verschiedenen Phyer von Ansehen über die wahre Ursache des Donners weblich von einander abweichen, da der ganze Vorgang des witters [1] noch in solches Dunkel eingehüllt ist, und den pothesen einen freien Spielraum läfst. Ehe wir indessen enigen Ansichten, die wegen des Namens ihrer Bekenner, r wegen ihres innern Gehalts hier berücksichtigt zu werden ienen, mittheilen, und kritisch beleuchten, wollen wir ganz im allgemeinen bestimmte Phänomen des Donners noch inen Hauptmodificationen etwas näher beleuchten. In dief Hinsicht ist vorzüglich das Geräusch und Getöse, welches Einschlagen des Blitzes begleitet, von dem eigentlichen *len des Donners* zu unterscheiden. Im Allgemeinen ist der chlagende Blitz entweder ein *kurzer Donner*, einem Kanochusse gleichend, oder ein *knatternder*, *rasselnder Don-* Als Beleg zum ersten dient eine von Reimarus angeführte bachtung, wo man den Blitzstrahl deutlich in einigem Abde von einem Schiffe in die See fahren sah, und doch der

[1] Vergl. *Blitz*.

Knall und die Erschütterung dabei so stark war, als w
Kanone zwischen dem Verdeck gelöst wird. Bei zwe
schlägen, welche die Masten eben dieses Schiffes tra
der Knall viel schwächer, und glich mehr einem G
als einem Kanonenschusse [1]. Wenn der Blitz in ein
einschlägt, oder sonst einen ausgedehnten Körper,
vollkommener Leiter ist, trifft, wo er an verschiede
Sprünge machen mufs, so läfst sich zwischen diesen ein
Explosionen ein geringer Zwischenraum der Zeit bemer
es entsteht jener rasselnde, vielleicht eine viertel oder l
cunde anhaltende Laut, der dem Schalle bei dem Z
eines Papiers ähnlich ist, und sich von dem Wiederhall
in der Luft, sehr wohl unterscheiden läfst [2]. Ob un
hängig vom eigentlichen Einschlagen kurze einfache
schläge vorkommen können, ist wohl nicht mit völlige
heit zu entscheiden. Die viel gewöhnlichere Erschein
Donner ist aber der mehr gedehnte Schall, oder das s
te Rollen desselben, das oft mehrere Secunden dau
wobei dasselbe nicht an Stärke abnimmt, sondern vie
Zwischenräumen von Zeit zu Zeit verstärkt erscheint,
stofsweise mit furchtbaren Schlägen untermengt ist.
findet dieses Rollen ohne sichtbare Blitze statt, und s
ganz unabhängig vom eigentlichen Einschlagen des Bli
welchem vielmehr gerade das Rollen gemeiniglich fehl
nicht etwa besondere Localitäten durch einen Wieder
selbe veranlassen. Bei Gewittern, die sich in reichli
gel auflösen, hört man oft dieses Rollen über den dicke
Wolken wunderbar hin und her wogen, ohne dafs B
denselben ausfuhren, und bald nachher stürzt reichlich
gewaltsam herunter.

Was nun den *mehr augenblicklichen heftigen schlag* oder das knatternde Geräusch beim Einschlagen
so glaubte man dies durch die Erschütterung der Luft,
Blitzstrahl, gerade so wie der elektrische Funken,
Verhältnifs der ungemein viel gröfseren Masse von
brechender elektrischer Materie in einem verhältnifsmä

---

1 Reimarus, Neuere Bemerkungen. S. 10.

2 Reimarus, erste Abh. vom Blitze. S. 252.

heren Grade hervorbringen müſste, erklären zu können, und
ibesondere jenes rasselnde Geräusch beim Einschlagen in Ge-
ude aus den Platzungen, welche die elektrische Materie in
n Stellen macht, wo sie Hindernisse findet, sich darum auf
rem Wege erst anhäuft, und mit verstärkter Kraft durch-
icht. Was aber das *Rollen des Donners* betrifft, so nahm
in vorzüglich zum Echo oder Wiederhall seine Zuflucht.
ELER äuſserte sich in letzterer Hinsicht [1] auf folgende Weise:
ie verschiedenen Flächen der Wolken und der Gegenstände
af der Erde werfen den Schall auf so mannigfaltige Weise
ind in so mancherlei Entfernungen zurück, daſs nothwendig
in merklicher Zeitraum verflieſsen muſs, ehe die ganze hier-
us entstehende Wirkung geendigt ist. Daher ist das Brüllen
es Donners in gebirgigen Gegenden gemeiniglich weit anhal-
ender und fürchterlicher, als auf dem platten Lande. Wer
ie Wirkung des Echos in gebirgigen Gegenden nur einmal ge-
hört hat, wird nicht mehr zweifeln können, daſs dieses die
wahre und vornehmste Ursache von dem anhaltenden Getöse
es Donners sey. Auf dem Oybin bei Zittau in der Ober-
lausitz [2] hörte ich selbst den Schall eines kleinen Mörsers
durch das Echo vervielfältigt, welches dem stärksten und an-
haltendsten Donner nachahmte.“ Daſs indessen diese Erklä-
ig aus dem Wiederhall nicht ganz genügen konnte, schien
aus hervorzugehen, daſs das Rollen des Donners auch in
 ebenen Gegenden, auf dem Meere in weiter Entfernung
 dem Lande gleichmäſsig vernommen wird, und so machte
n schon LICHTENBERG [3] darauf aufmerksam, daſs man noch
ere Gründe zu Hülfe nehmen müsse, um alle Modificatio-
 beim Donner zu erklären, welche noch nicht ganz zur
tlichkeit gebracht seyen. Hierzu kam noch, daſs der Be-
 der Lufterschütterung ein unbestimmter war. Indem nun
 Physiker, welche durch diese Erklärung nicht befriedigt
n konnten, das Phänomen des Donners mit den besondern
gängen beim Gewitter zu verknüpfen suchten, bildeten sich
züglich zwei Hauptansichten, wovon die eine den Donner

1 Phys. Wörterb. Bd. 1.

2 S. Leske Reise durch Sachsen. S. 501.

3 Erxleben's Anfangsgründe der Naturlehre. 6te Auflage. §. 752.

nicht als die unmittelbare Wirkung der durch die luftbr
den elektrischen Materie oder des Blitzes, sondern als di
eines ganz andern Vorganges, von welchem beide als ab
derte Erscheinungen gleichmäſsig abhingen, erklärte,
dern hingegen zwar im Allgemeinen die ältere Theorie fe
aber in einigen wesentlichen Puncten schärfer bestimmt
mit allen Phänomenen in eine genauere Uebereinstimm
bringen suchte. Zu der ersten Ansicht scheint sich zuers
bekannt zu haben. Er erinnert [1], man müsse sich eine s
liche Feuermasse unter dem Blitze vorzustellen wissen
man die bloſse Zertheilung der Luft für hinlänglich halte
so volltönenden Donner hervorzubringen. Hier könnt
leicht einige musikalische Kenntnisse dem Physiker zu
kommen, besonders was über die Dicke (!) (oder Fü
Tons zu erörtern sey, als eine Modification seiner St
trachtet. Nach den neuesten Einsichten sey es wohl ge
nug, daſs eine gewisse Donnerluft dafür entwickel
auch hätten schon ältere Physiker erinnert, daſs der
nicht durch bloſses Zusammenschlagen der Luft ohne
ner knallenden Materie zu erklären sey.

Statt einer bloſsen hingeworfenen Idee stellt D
dem Sinne der ersten Ansicht eine umständliche und
zelnen Erscheinungen des Gewitters angepaſste Erklä
Donners [2] auf, und man kann ihn eben darum für de
repräsentanten dieser Ansicht halten. Er betrachtet
sachen, die man insgemein von dem Rollen des Don
giebt, als ein Beispiel, wie weit man sich durch die
kenden Assimilationen des Gewitters mit unsern ele
Versuchen von der Wahrheit entfernt habe. Nach d
these einer einfachen Entladung erkläre man den Do
dem Durchgange des elektrischen Funkens von einer W
andern, und daſs der Schall anhaltend sey, obgleich
leuchtung nur einen Augenblick dauert, das suche
durch begreiflich zu machen, daſs das Licht und die A
lung der elektrischen Flüssigkeit unendlich geschwind

1 Beruhigung über die neuen Wetterleiter. Leipzig 1791.
2 Grens Journal der Physik. IV. 207. §. 231.

rgleichung mit der Zeit, welche der Schall gebraucht, um
en dieselben Räume zu durchlaufen, und von den verschie-
nen Stellen seiner Bahn bis zum Ohre zu gelangen. Diese
klärung, sagt De Lüc, würde allen Beifall verdienen, wenn
s Rollen des Donners stets schwächer und schwächer würde;
ein, da es oft zunähme, und manchmal stoſsweise mit
hrecklichen Schlägen untermengt sey, so benehme dieses je-
r Hypothese alle Wahrscheinlichkeit. Ueberdieſs habe man
cht einmal bemerkt, daſs diese besondere Hypothese die all-
meine umstoſse. Denn, wenn sich die elektrische Flüssigkeit
n Wolke zu Wolke ins Gleichgewicht setzen könnte, so lasse
h unmöglich einsehen, wie es positive und negative Wolken
ben könne, die so vermengt seyn, und nur eine zusammen-
ngende Masse von Gewittern ausmachen sollten. Die Hypo-
ese des vielfachen Echos von Wolke zu Wolke stimme gar
cht überein mit der wirklichen Succession, die man beim Ge-
uch des Donners beobachte, und habe noch auſserdem das
remdende, daſs man bloſsen Nebeln, dergleichen die Wolken
l, die Fähigkeit zuschreibe, den Schall zu reflectiren. De
vermuthet vielmehr, das Rollen des Donners rühre von
Ursache her, aus welcher sich in den Gewitterwolken das
trische Fluidum erzeugt, doch werde es nicht von diesem
dum selbst hervorgebracht. Vielleicht bilde sich in dem
enblicke, in welchem die elektrische Flüssigkeit aus den
er Wolke enthaltenen Ingredienzen zusammengesetzt werde,
eben so groſser Ueberfluſs von sehr heiſsem *Wasserdunst*,
in verschiedenen Massen getheilt sey, und anfangs mehr
m einnehme, als die Luft, aus der er hervorgebracht wur-
Vielleicht werden nachher diese Massen, so wie sie bei
r Abkühlung unter die Temperatur des Siedepunctes in die-
Höhe kommen, plötzlich durch den Druck der Luft zer-
t, die das Wasser davon unter der Gestalt des Nebels zer-
et. Diese Erklärung gründe sich auf die Verwandlung der
alogistisirten und brennbaren Luft im Wasser, wo auch erst
ansion, und dann Zerstörung aller Ausdehnbarkeit statt
e, und noch auf mehrere andere Phänomene des Wasser-
pfs. Sie würde auch die Verdichtung der Wolken und die
herige Entstehung des Regens erklären, welche gewöhn-
auf starke Donnerschläge erfolgen. Nach dieser Erklä-

rung, welche mit den übrigen Theilen des de Lücschen stems [1] genau zusammenhängt, entsteht also der *Knall* d die explodirende Ausdehnung der Luft, indem sich die ele sche Materie, welche plötzlich in grofsem Ueberflusse geb worden ist, durch den Druck zersetzt, ihr Licht entläfst, dadurch die Erscheinung des Blitzes hervorbringt; das *R* hingegen ist die Folge einer stufenweise oder in verschie einzelnen Massen erfolgten Verdichtung des aus der Luft standenen Wasserdampfes. In die leeren Räume, welch Verdichtung veranlafst, dringt die Luft mit Gewalt ein, bringt einen Schall hervor, in dem sich ein anhaltendes I mit schwächern oder stärkern Schlägen verbindet, je dem die verdichteten Dunstmassen entweder gleichförmig nem fortgehende Strecken, oder kleinere und gröfsere H bilden. Das durch die Verdichtung entstandene Wasser im Regen herab.

Girtanner [2] hat in einer etwas veränderten Gestalt andere Erklärung des Donners gegeben. Sein Geräusch, derselbe, ist nicht der Lärm einer elektrischen Explosion, sein Rollen nicht das Echo derselben. Die Wolken sind im Stande, den Schall so zurückzuwerfen, wie feste K zu thun pflegen. Ein Kanonenschufs auf dem Meere, weit Ufer, wird nur einmal und ohne Rollen gehört (?); hin rollt der Donner auf dem Meere, wie auf dem Lande. Kö die Wolken den Schall zurückwerfen und ein Echo verursa so müfste auch auf dem Meere ein Kanonenschufs vervie get werden. Girtanner hält es daher für wahrscheinlich, Blitz und Donner entstehen, so oft plötzlich eine grofse V gebildet wird. Man hat Beobachtungen vom Donner bei heiterem und unumwölkten Himmel. Oft fängt es im So an zu donnern, und, der vorher heitere Himmel umzieht nun mit Wolken. So wie das Gewitter fortdauert, un Donnerschläge auf einander folgen, entstehen mehr und neue Wolken, welche vorher weder da waren, noch vom de hergebracht sind, und die Entstehung solcher Wolke

---

1 Vergl. *Blitz und Luft-Elektricität.*

2 Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie. Berl. 179 p. 284.

l als der Regen hört nicht eher auf, als bis der Donner auf-
rt hat.

Demnach ist der Donner nicht eine Folge des Blitzes, son-
der Entstehung einer grofsen Wolke. Indem sich das
sergas in der Atmosphäre durch plötzliche Erkältung in
ser verwandelt, nimmt es einen 900mal kleineren Raum
als vorher; es entsteht ein Vacuum, die oberen Schichten
die Nebenschichten drängen sich zu, und indem sie auf-
ader fallen, entsteht ein Geräusch. Eben das geschieht
ch im Kleinen, wenn z. B. beim schnellen Herausziehen des
els eines Etui, beim schnellen Schwingen einer Peitsche,
n Schmitze platt und löffelförmig ist, ein leerer Raum ent-
t, in welchen die umgebende Luft eindringt, und einen ei-
kümlichen Schall durch Zusammenstofsen hervorbringt. So
latzt die Blase mit einem Knalle unter der Glocke der Luft-
pe, und die äufsere Luft, wenn sie die über ein Glas ge-
nte Blase, unter welcher die Luft verdünnt worden ist,
ifst, dringt eben so mit einem Knalle in den leeren Raum.

Damit stimmt nun auch im wesentlichen J. T. Mayer [1]
ein, indem ihm zufolge die schnelle Verwandlung der in
r Gewitterwolke so sehr angehäuften Menge von Bläschen
ncrete, als Regen herabfallende, Tröpfchen, ja vielleicht
t die schnelle Entweichung oder Absorption (!) des mit den
hen verbunden gewesenen Wärmestoffs und der mit dem
herabfahrenden Elektricität nothwendig eine beträchtliche
in der Gewitterwolke hervorbringen müsse, in welche
sodann die umgebenden Luftschichten mit Gewalt hinein-
en, wodurch nothwendig ein Knall entstehen müsse. Das
en des Donners erklärt derselbe daraus, dafs, wenn eine
rische Wolke sich über einen Gegenstand entlade, das in
en benachbarten und gleichsam in einer Reihe hinter und
einander liegenden Wolken in + und — E durch Verthei-
von jener elektrischen Wolke aus zertrennt gewesene elek-
he Fluidum in dem Augenblicke der Entladung jener Wolke,
it ihr vertheilender Einflufs aufhöre, in den natürlichen

---

[1] Lehrbuch über die physische Astronomie u. s. w. Gött. 1805. 8.
O.

herabstürzen müsse. Nach der verschiedenen Ea
Entfernung dieser Wolken vom Beobachter lasse s
das im Ganzen immer schwächer werdende Rolle
aber auch die Untermischung desselben wieder
Schlägen begreiflich machen. Noch soll die von
Ausdehnung der Luft, welche in dem leeren Ra
durch die Zersetzung der Bläschen der einen \
hat, hineinfährt, abhängige Kälteerzeugung zur
Bläschen in den benachbarten Wolken beitragen,
sich dieser Procefs, womit dann jedesmal Blitz u
die oben angegebene Weise eintreten müsse, sch
Reihe von Wolken fortpflanzen.

Alle diese Erklärungen scheinen mir indefs
sucht und zum Theil mit ausgemachten Thatsacl
spruche. Es ist hinlänglich bekannt, dafs nicht
zelne Gewitterwolke gebildet seyn kann, sondern
Wolkenverdichtungspunct die Gewitterwolken e
Ausdehnung erhalten haben können, ohne dafs
erschienen, oder ein Donnerschlag gehört wo
beweist unter andern auf eine auffallende Weis
Tafelberg am Vorgebirge der guten Hoffnung b
heiterem Wetter sich so ungeheuer schnell anhä
bedeckung des Himmels, nachdem ein erster kle
gebildet hat, analog gleichsam der schnellen Kry
übersättigten Lösung von schwefelsaurem Natro

ung der Elektricität, wodurch erst ein großer Ueberfluß heißem Wasserdampf gebildet werde, der nachher wieder ch die natürliche Kälte derselben Regionen, in welchen er gebildet, zersetzt werde, ist nicht bloß ganz willkührlich, dern in jeder Hinsicht unhaltbar. Wenn, wie wir oft so lich sehen, eine Gewitterwolke sich senkt, einen Blitz auf nächsten erhabenen Gegenstand hinabschleudert, und sich wieder erhebt, so findet hier die Zersetzung der Elektri-, wovon die Lichterscheinung abhängen soll, in dem Zwiraume zwischen der Wolke und dem getroffenen Gegende statt, wo sich doch kein Wasser befindet, das durch angeblich zugleich frei werdende Wärme in jenen heißen t verwandelt werden soll, der dann erst wieder durch seirauf folgende Zersetzung nach jener Ansicht den Donner nlaßt. Ueberhaupt spricht keine Erfahrung für eine bende Wärmeerzeugung beim schnellen Durchgange des elekhen Fluidums unter der Gestalt eines Funkens durch Dunst gasförmige Flüssigkeiten, und auf jeden Fall würde diese meerzeugung nur auf den so schmalen Weg des Durchganeingeschränkt seyn. Wenn Mayer dem schnellen Zusamfahren der an beiden Enden einer Wolke durch Vertheilung häuften + und — E die Wirkung zuschreibt, die Dunsthen zu zersetzen und zu Wasser zu verdichten, so ist hierrade eine entgegengesetzte Wirkungsart, wie in der vori-Erklärung angenommen, für die aber jeder weitere Beweis Daß endlich alle drei Physiker sich zu leicht durch die natur der Wolken haben verleiten lassen, ihnen alle Fäit, den Schall zu reflectiren, und somit durch ein Echo Rollen des Donners wesentlich beizutragen, abzusprechen, ist eine sehr merkwürdige Beobachtung bei Gelegenheit neuesten Versuche, welche die französischen Physiker über Geschwindigkeit des Schalles angestellt haben. Sie bemerknämlich, daß wenn Wolken zwischen den Stationen, auf hen die Kanonen zur Bestimmung jener Geschwindigkeit feuert wurden, sich befanden, die Schüsse mit einem *llen*, wie vom Donner, gehört wurden, was hingegen *nicht* erkt wurde, wenn der Himmel klar war, zum offenbaren eise, daß das Echo, von welchem dieses Rollen allein ab-

hängen konnte, nicht von den Gegenständen auf der Erd
dern von den *Wolken* selbst ausging[1].

Wir wenden uns nun zu der zweiten Hauptclasse
klärungen, welche den Donner und insbesondere das Roll
selben als eine unmittelbare Folge und Wirkung des
selbst, oder als ein rein elektrisches Phänomen auf eine g
Weise, als es früher geschehen, aus den unstätigen (
der Bewegung der elektrischen[2] Materie und dem Verhi
des Schalles begreiflich zu machen versucht haben. Es
HELVIG[3] und RASCHIG[4] sind es vorzüglich, die sich u
licher darüber ausgesprochen haben. Ersterer leitet da
des Donners vorzüglich von den aufwärts oder seitwär
Wolken fahrenden Blitzen ab, während der in die Erde e
gende Blitz mit einem kurzen Donner, einem Kanone
gleich, oder auch mit einem knatternden Donner ve
sey. Das Rollen des Donners deute offenbar auf wie
Explosionen hin. Liege nun bei einem erdwärts sch
Blitze der Ort jeder Explosion dem Beobachter näher, s
ge der durch die ersten Explosionen bewirkte Schall,
langsamer als der erregte Blitz fortgeht, gleichzeitig r
durch die letzten Explosionen bewirkten Schalle (ja v
etwas später als dieser) zum Ohr, und der Schall sey k
ohne einen Nachhall oder Rollen; gehe dagegen der B
wärts (oder auch in horizontaler Richtung von Wolke z
ke) so gelangen die später und zugleich in größerer Ent
entstandenen Donnerknalle, vorzüglich wegen ihrer imn
ßeren Entfernung, später zu unserm Ohre, und ein Blit
sen ganze Wirkung nur eine Secunde dauerte, aber v
sich durch 6000 Fuß in einer ziemlich geraden von u
wärts gerichteten Linie fort erstrecke, müßte einen sie
cunden lange dauernden Donner geben. Gesetzt aus 20
Höhe schlüge ein Blitz gerade neben uns nieder und b
dazu ½ Secunde (was indessen noch zu hoch angeschla
so würde ich den ersten Knall später als den, welchen

---

1 Ann. Ch. et Ph. XX. 210 — 266.
2 Beiträge zur Witterungskunde u. s. w. Leipz. 1820. 8.
3 G. LI. 117.
4 Ebend. XXIII. 226.

m letzten Theile seines Weges bewirkt, hören, jenen 2 Secun-
n, diesen $\frac{1}{2}$ Secunde nach dem Ausfahren des Blitzes aus der
olke. Der Donner müfste also in einem ganz kurzen Zeit-
ume als einzelner Knall, oder als schnell auf einander folgen-
. Knattern vorbei seyn. Hier und in manchen andern Fällen
nte der Anfang des Donners (so wie wir ihn hören) einer
rn Explosion angehören, und der durch die erste heftigste
losion bewirkte Knall erst später, ganz am Ende des Don-
, zu uns gelangen. Da beim Einschlagen des Blitzes in un-
r unmittelbaren Nähe die Entfernung der Gewitterwolke
l häufig nicht einmal 1000 Fufs beträgt, so ergiebt sich da-
noch eine kürzere Dauer, und für unsere Art zu empfinden,
der Eindruck eine kurze Zeit anhält, ein ganz einfacher
nerschlag.

Eine im wesentlichen ganz ähnliche Ansicht über das Rol-
des Donners, stellt auch Raschig auf. Ihm zufolge[1] soll
ich dasselbe 1. von der verschiedenen, meist sehr beträcht-
n Länge des Blitzstrahls 2. von der verschiedenen Stärke
Strahls in verschiedenen Stellen seiner Bahn, vielleicht
3. von der Verschiedenheit der Körper, welche derselbe
inem Laufe trifft, herrühren. In Rücksicht auf den Ein-
der Länge bemerkt dieser Physiker, dafs man am Horizonte
litze in der Länge von einer Stunde Weges durch die Wol-
fortlaufen sehe, man sieht sie (scheinbar) von der Erde
die höchsten Wolken sich verlieren, und sich in mehrere
zertheilen. Von allen diesen verschiedenen Puncten kann
chall nothwendig nur nach und nach zum Ohre gelangen,
hdem sie weiter oder höher liegen. Der Blitz zeigt auch
t in allen Theilen seiner Bahn gleiche Stärke, besonders
n er sich in mehrere Aeste theilt. Sind nun dünnere, ver-
te Aeste näher als der vereinte Strahl, so wird der schwä-
e Donner zuerst gehört, und der stärkere Schlag später
kommen. Endlich meint Raschig, dafs es nicht einerlei ist,
er Blitz in seinem Laufe dichtere Regentropfen, oder dün-
Wolken oder von beiden freie Luft treffe. Das Wasser
le von einem starken elektrischen Schlage wahrscheinlich

---

[1] G. XXIII. 226.

Helvig [3] und Rascho [4] sind es vorzüglich, die
licher darüber ausgesprochen haben. Brandes le
des Donners vorzüglich von den aufwärts oder s
Wolken fahrenden Blitzen ab, während der in die
gende Blitz mit einem kurzen Donner, einem K
gleich, oder auch mit einem knatternden Donn
sey. Das Rollen des Donners deute offenbar a
Explosionen hin. Liege nun bei einem herabwär
Blitze der Ort jeder Explosion dem Beobachter n
ge der durch die ersten Explosionen bewirkte S
langsamer als der erregte Blitz fortgeht, gleich
durch die letzten Explosionen bewirkten Schalle
etwas später als dieser) zum Ohr, und der Schall
ohne einen Nachhall oder Rollen; gehe dagegen
wärts (oder auch in horizontaler Richtung von W
ke) so gelangen die später und zugleich in gröfse
entstandenen Donnerknalle, vorzüglich wegen ih
fseren Entfernung, später zu unserm Ohre, und
sen ganze Wirkung nur eine Secunde dauerte,
sich durch 6000 Fufs in einer ziemlich geraden
wärts gerichteten Linie fort erstrecke, müfste ei
cunden lange dauernden Donner geben. Gesetzt
Höhe schlüge ein Blitz gerade neben uns nieder.
dazu ½ Secunde (was indessen noch zu hoch
so würde ich den ersten Knall später als [illegible]

zten Theile seines Weges [illegible] hören, [illegible] 2 [illegible] ssen ½ Secunde nach dem An[illegible] des Blitzes [illegible]

Der Donner [illegible]

[illegible]

[illegible] gehört, und der stärkere [illegible] dafs [illegible] Regen [illegible]



in Dampf oder Gasarten verwandelt, und dies könnte w
der Schnelligkeit, womit es geschieht, den Knall des
verstärken.

Hauvre hat in seiner Erklärung vorzüglich auf die
Zackform des Blitzes, die er wesentlich für seine Bah
Rücksicht genommen. Bei näherer Aufmerksamkeit a
Gewitter sah er den Blitz mit vier Absprüngen seine Bah
der Erde durchlaufen, und hörte ganz bestimmt eben s
gedehnte rollende Donnerschläge, doch nicht alle mit g
Schallstärke. Um seine Ansicht näher zu begründen,
von dem Schalle des Wurfgeschützes aus. Die Dauernd
eines Schalles steht, ihm zufolge, im Verhältnisse der
des durch die freie Luft hindurch fahrenden Feuerstrahls
nem Durchmesser. Wenn man z. B. eine Bombe mit zwe
Pulver zersprenge, so breite sich der Schall zugleich ku
mig aus, und werde kurz und begränzt gehört. Wenn
zwei Pfund Pulver in eine Kanone, welche 15 bis 20 Dur
ser des inneren Raumes der Bombe zur Länge habe,
würden, so werde man einen beträchtlichen Untersch
Dauer des Schalls bemerken. Beim so äußerst schnellen
fahren des Blitzes durch die Luft müsse nothwendig ei
kommen luftleerer Raum entstehen, und das Einströmen
nachbarten Luft in diese Leere müsse mit einem Knalle v
den seyn. Um nun diese Leere auszufüllen, werde we
sehr viel geringeren Geschwindigkeit des einströmenden
eine Zeit erfordert, mehr oder weniger, je nachdem dies
zufüllende Raum eine größere oder geringere Länge besitz
je öfter derselbe erneuert werde. Der Eintritt der Luft
leeren Raum gebe nun den Schall als Product. Dieser
sich vom Anfange bis zum Ende mit gleicher Geschwin
fort, so daſs man, wenn die Länge des zu durchlaufenden
gebenden Gegenstandes bedeutend sey, die Zeit messen
welche zwischen dem Anfange und der letzten Schallwell
gehört werden könne, vergehe. Dächten wir uns einen h
fahrenden Feuerstrahl bei einem Vierundzwanzig-Pfünd
ſserhalb der Mündung, welcher eine Länge von 488 Fuſs h
so werden beinahe 36 Tertien Zeit verlaufen, ehe der Scha
schwinde, folgten nun mehrere solche Strahlen unmterb
auf einander, so würde jeder einen eben so lang gedehnten

n, und die Summe aller ein stetes Rollen von einigen Secun-
hervorbringen, ohne dafs man das Echo zu Hülfe zu neh-
nöthig hätte. Wären einige von diesen Kanonen nach dem
achter hin, andere von ihm ab, und noch andere seitwärts
htet, so würde er alle beim Donner beobachtete Modifica-
n während der Zeit hören, nur würde er in einer gewissen
ernung, und nicht zu nahe stehen müssen. Die Absprünge
Blitzes in der Zickzakform[1] haben nämlich für den Beob-
r dieselben Folgen, wie das Abschiefsen der Kanonen in
chiedenen Richtungen, indem der Blitz gleichfalls in seiner
ackförmigen Bahn bald nach dem Zuschauer hin, bald von
abwärts, bald seitwärts von ihm sich bewegen mufs.

n der zweiten Classe von Erklärungen finden sich nun, unse-
edünkens, wenn noch auf Einiges, was in denselben nicht
tet worden, Rücksicht genommen wird, alle Elemente,
ich einen deutlichen und naturgemäfsen Begriff von den
einungen des Donners zu machen. Dafs die elektrische
ie in ihrer schnellen Bewegung durch die Luft diese wirk-
vor sich her treibt, und bei der aufserordentlichen Schnel-
t ihrer Bewegung einen relativ leeren Raum hinter sich
läfst, ist keinem Zweifel unterworfen. Es ist hier von
r blofsen Leitung oder Fortpflanzung einer Thätigkeit, son-
von der Fortbewegung eines materiell Realen die Rede,
n Daseyn für mehr als einen Sinn, und seine aufseror-
he Geschwindigkeit neben andern Erscheinungen vorzüg-
rch die grofse mechanische Gewalt, die es bei so gerin-
se ausübt, über jeden Zweifel hinaus beurkundet. Jedes
he Zusammenpressen der Luft sowohl, als ein schnelles
men umgebender Luft in einen leeren Raum, ist mit ei-
ehr oder weniger starken Schalle verbunden. Dafs die-
hall von der ganzen Länge der Bahn des Blitzes, auf wel-
sowohl die Luft aus der Stelle bewegt und zusammenge-
, als auch ein leerer Raum zurückgelassen worden ist,
ach uns verbreiten müsse, und daher seine Dauer, im
tnisse der Länge dieser Bahn, verglichen mit der Fort-
ungsgeschwindigkeit des Schalls, die wir nach den neue-

---

[1] S. *Blitz.*

sten Versuchen bei 10° C. und 28″ Par. Luftdruck auf 10
Fuſs annehmen können, stehen müsse, ist eben so klar,
denn nach der obigen Erörterung sich von selbst ergiebt, d
eigentliche Rollen des Donners (der lange gedehnte Donn
meisten bei Blitzen, die aufwärts, oder von Wolke zu
fahren, eintreten müsse.

Brandes bemerkt in dieser Hinsicht noch: „Wer
„Gelegenheit hätte, die scheinbare Richtung der Blitze
„Dauer des Donners zu vergleichen, wenn man zugleich
„achten könnte, ob bei den Blitzen, welchen ein r
„Donner folgt, sich etwas, das wiederholten Explosion
„lich sähe, bemerken lieſse, so könnte man wohl etw
„scheidendes über diese Meinung ausmachen. Im Ganz
„ich wenigstens das Rollen des Donners nur dann vor
„beobachtet, wenn die Blitze mehr in der obern Gegend
„mosphäre blieben, und in den fünf Fällen des wirklich
„schlagens des Blitzes in der Nähe blieb das eigentliche
„aus.“ Daſs ein von einer übermäſsig geladenen Wol
einer benachbarten überschlagender und sich von Wolke zu
als gleichsam unterbrochener Funke verbreitender Blitz
schiedenen Stellen verschiedenen Widerstand schon we
verschiedenen Entfernung der Wolken von einander z
winden hat, und daſs schon darum der Schall im Fo
des Rollens bald stärker bald schwächer werden muſs,
übereinstimmend mit dem, was wir beim elektrischen
bemerken, wenn er auf seinem Wege Hindernisse von ve
dener Stärke antrifft. Allen Einfluſs auf die in Zwisch
men eintretende Verstärkung des Rollens kann man fer
Zickzakbewegung des Blitzes nicht absprechen, da an de
des Absprungs die Luft am stärksten zusammengedrü
und also mit der gröſsten Geswindigkeit in den nachgel
leeren Raum einströmen muſs. Uebrigens erhellet aus de
oben mitgetheilten Beobachtung, daſs auch in ganz eben
genden auf dem Meere da, wo irdische Gegenstände kei
veranlassen können, die Wolken selbst durch das Refl
des Schalls zum Rollen des Donners wesentlich beitragen k
und das um so mehr, je dichter sie sind, namentlich als
ken, die sich dann in reichlichem Regen und Hagel ergieſs
das Rollen des Donners oft am furchtbarsten ist.

Nach der angegebenen Theorie begreift man, wie man aus
r Zeit, welche zwischen dem sichtbaren Ausbruche des Bliz-
s und dem gehörten Donner verstreicht, einigermaſsen au
s Entfernung einen Schluſs machen könne. Rechnet man, wie
an bemerkt ist, die Geschwindigkeit des Schalls auf 1038 Par
ſs in einer Secunde, so kann man die Entfernung des Gewit-
s auf etwa eine geographische Meile rechnen, wenn zwischen
m Blitze und Donner 22 bis 23 Secunden verstreichen.

Daſs wahre Blitze ohne Donner vorkommen können, kann
h dem bisher Angeführten nicht wohl zugegeben werden.
ist aus Frankfurt eine dergleichen Beobachtung bekannt ge-
ht worden [1]. De Lüc hat eine ähnliche Beobachtung seines
ders mitgetheilt [2]. Indessen sind offenbar die sogenannten
ze, welche er ohne allen begleitenden Donner aus Gewitter-
lken, die sich über dem Jura gesammelt, ausfahren sah, nach
er eigenen Beschreibung keine wahren Blitze, sondern viel-
r elektrische Ausströmungen nach Art von Feuer-Pinseln ge-
en, da er ausdrücklich sagt, daſs sie nach allen Seiten un-
ärts gerichtete Luftströme gewesen seyen, die zum Theil
divergirende Garben (gleich wahren Feuer-Pinseln) vor-
llt hätten. Bald aber lieſsen sich wirkliche Blitze mit erst
achem Donner hören, und dann folgte ein Blitz mit furcht-
n Donnerschlage. Die Beweisführung, welche de Lüc für
oben vorgetragene Theorie des Donners darauf stützt,
int uns daher durch diese Beobachtung nicht begründet zu

Eine ähnliche Beobachtung, welche Brandes mittheilt, ist
so wenig entscheidend. Er machte dieselbe in Breslau im
1803 an einer gar nicht groſsen Wolke, die etwa 6 — 10
e hoch stehen mochte. Sie blitzte fast unaufhörlich, ohne
Brandes einen Donner hörte, und schien ihm nicht so über-
entfernt zu seyn, daſs deshalb der Donner an dem ganz
n Abend ihm hätte entgehen können; doch setzt er selbst

1. Geschichte der auſserordentlichen Naturbegebenheit, da am 13.
st 1785 durch einen zwiefachen Blitz ohne darauf erfolgten Donner
Reichsstadt Frankfurt an zweien verschiedenen Orten angezündet
. Von J. G. S. Frankfurt 1785. 8.
2. J. d. P. 1791. S. 262.

hinzu, dafs da die Entfernung sich nicht bestimmen li
bleibe unbestimmt, ob es *wirklich Blitze ohne Donn*
ren. r allerdings giebt es eine elektrische Lichtersch
in der mosphäre, die mit keinem Donner begleitet i
sogen te *Wetterleuchten* (Fulguratio), das vom e
ch ze wohl zu unterscheiden ist [1]. Dafs wir indess
oft a litze eines sehr entfernten Gewitters am Horiz
he sen Donner wir wegen der grofsen Entfernu
v n, eine Erscheinung, welche wohl auch mit
g n Wetterleuchten verwechselt wird, ist keiner
fel unterworfen ... lten nach einem solchen
leuchten, welches bends wahrnimmt, solche
te Gewitter noch ... über den Horizont herauf k

Wenn er Ansicht jeder ächte Bli
jede mit ... Funken oder Schlage zu
le elektr einer Wolke mit einem
a hen Knall ... nden seyn mufs, so ist do
jede ... ch in der Atmosphäre vo
Blit das Zerplatzen der Feue
... e herabfallen, stets mit
do nnlichen Schlagen, die indessen nicht sel
Blitzen vergesellschaftet, und dann wenigstens zum T
sen zuzuschreiben sind. *P.*

Donnerbüchse. S. Pistole, elektr

Donnerhaus.

Maison de tonèrre; *Thunder-House*; ist ein
zur elektrischen Geräthschaft gehöriges, Modell eines
wodurch man die schädlichen Wirkungen des Wett
auf ein unbeschütztes Gebäude und den Nutzen der Blit
erläutert. A ist ein in Gestalt der Giebelseite eines
ausgeschnittenes Brett, welches senkrecht auf dem Fu
D aufgerichtet ist. Auf eben diesem Fufsbrette ste
etwa 8 Zoll von der Grundfläche des Brettes A, die se
Glassäule C D. An dem Brette A befindet sich ein vie
Einschnitt I L M K etwa $\frac{1}{2}$ Zoll tief, und einen Zoll

(Fig. 177.)

---

1 S. *Wetterleuchten*.

wierte, in welchem ein kleines Brettchen, liegt das beinahe
m dieselbe Gröfse hat, damit es locker in dem Einschnitte
ge, und bei dem geringsten Schütteln herausfalle. An dieses
reckige Brettchen ist nach der Diagonallinie der Draht I. K
batigt. An dem Brette A befindet sich noch ein anderer
aht I H, von einerlei Stärke mit dem vorigen, an dessen zu-
pitztes Ende die messingene Kugel H angeschraubt wird, so
h der Draht N, der bei O in einen Ring umgebogen ist.
s dem obern Ende der Glassäule C D geht ein gebogener
aht E mit einer Hülse F hervor, in welcher sich ein Draht
t Knöpfen an beiden Enden senkrecht verschieben läfst, des-
unterer Knopf G gerade über die Kugel H trifft. Die Glas-
le C D steht nicht ganz fest im Fufsbrette, sondern läfst
h ganz leicht um ihre Axe drehen, wodurch man denn den
opf G der Kugel H näher bringen, oder von ihr entfernen
n, ohne den Theil E F G zu berühren. Wenn nun das
reckige Holz L M I K (welches einen Fensterladen oder
as ähnliches vorstellen kann) in dem Einschnitte so gelegt
, dafs der Draht L K in der punctirten Lage I M liegt, so
von H bis O eine vollständige metallische Verbindung ge-
cht, und das Modell stellt nun ein Haus vor, welches ge-
ig mit einem ununterbrochenen metallischen Blitzableiter
sehen ist. Wird aber das Holz L M I K so eingelegt, dafs
Draht nach der Richtung L K steht, so ist die metallische
ung H O, die von der Spitze des Hauses bis an den Fufs-
en gehen sollte, bei I M unterbrochen, und das Modell
t in diesem Falle ein Beispiel eines nicht gehörig beschützten
udes.

Man lege nun das Holz auf diese letztere Art ein, stelle
Knopf G etwa einen halben Zoll hoch senkrecht über die
el H, drehe alsdann die Glassäule, und entferne dadurch
Knopf von der Kugel, verbinde den Draht E F durch eine
te mit der innern Seite einer Verstärkungsflasche, und führe
h eine andere Kette von dem Ringe O bis an die äufsere
gung eben dieser Flasche. Nachdem nun die Flasche durch
Elektrisirmaschine geladen worden, drehe man die Glas-
le zurück, und bringe den Knopf G nach und nach der Ku-
näher. Wenn nun beide einander nahe genug kommen, so
adet sich die Flasche, und das Holz wird aus dem Einschnit-

te heraus auf eine beträchtliche Weite geschleudert. Nur
der Knopf bei diesem Versuche eine Gewitterwolke vo
welcher, wenn sie dem höchsten Orte des Gebäudes nahe
kommt, die Elektricität in dasselbe schlägt, und da e
gehörig durch ununterbrochene Leitung beschützt ist,
diesen Schlag das Holz I M abwirft, d. h. einen Theil d
bäudes zerschmettert. Hat man auch nur eine ganz un
tende Menge Knallsilber in ein Papierchen gewickelt,
angeklebt, so ist dieser Effect desto stärker, zum Kn
Flasche gesellt sich noch die sehr heftige Explosion von
stens $\frac{1}{4}$ Gran Knallsilber, und das viereckige Holz wir
blofs fortgeschleudert, sondern auch noch in mehrere
zerschmettert. Der Erfolg dieses Versuchs ist sicherer,
die Leitungsdrähte an der innern Seite des Bretts hinal
und der Draht an dem viereckigen Stücke Holz gleichfal
innen liegt, damit die Explosion beim Ueberschlage best
von Innen nach Aufsen wirke.

Man wiederhole nun den Versuch mit dieser einzige
änderung, dafs man dem Holze I M die andere Lage gi
welcher der Draht L K in die Richtung I M kommt, wo
Leitung H O nicht unterbrochen ist; so wird der Schla
die geringste Wirkung auf das Holz L M thun, sondern e
dasselbe in dem Einschnitte unbewegt bleiben, wodurc
der Nutzen metallischer Ableitungen von gehöriger Cont
überhaupt an den Tag legt.

Endlich schraube man von dem Drahte H I die mess
Kugel H ab, so dafs die Spitze des Drahtes blofs bleibt
wiederhole nach dieser Veränderung beide eben angef
Versuche, so wird das Holz I M beidemal unbewegt bl
auch wird man gar keinen Schlag bemerken, sondern es
die Flasche stillschweigend entladen werden. Dafs in
dieser letztere Erfolg eines nach einem so kleinen Mafsstal
gestellten Versuchs den Vorzug der zugespitzten vor den s
geendeten Ableitern nicht entscheide, darüber ist schon
führlich unter dem Artikel „*Blitzableiter*" die Red
wesen.

Um diese Versuche noch unterhaltender und den Ers
nungen der Gewitter selbst noch analoger zu machen,
man auch die Vorrichtung der elektrischen Wolke nach K

[illegible]s Angabe [1] zu Hülfe nehmen. Wenn diese an dem einen [illegible]de eines hinlänglich, etwa 4—5 Fuſs langen Hebels, der mit [z]wei Schneiden auf einen gut isolirenden Stative beweglich ruht, [d]urch Drähte aufgehängt, und durch ein Gegengewicht am an[de]rn Ende ins Gleichgewicht gebracht ist, und durch einen [Dr]aht von der innern Belegung einer Leidner Flasche eine Zu[lei]tung zu derselben gemacht wird, die so angebracht ist, daſs [de]r Draht an einem Haken oben im Stative eingehängt werden [ka]nn, von wo durch einen Stanniolstreifen, auf welchem die [S]chneide des Hebels ruhet, die weitere Leitung bis an das Ende [de]s Hebels geht, an welchem die Wolke hängt; so wird, wie [d]ie Ladung der Flasche zunimmt, die Wolke allmählig von dem [K]nopfe des unterhalb derselben befindlichen Donnerhauses aus [ein]er ansehnlichen Ferne angezogen werden, und in der Schlag[we]ite sich auf denselben entladen.

Obige sehr einfache Einrichtung eines Donnerhauses ist [vo]n Cavallo beschrieben. Wir fügen noch eine andere von [Sig]aud de la Fond angegebene bei. Die vier Wände eines klei[ne]n hölzernen Hauses sind mit dem Fuſsboden durch leicht be[we]gliche Charniere verbunden. Sie werden lothrecht aufge[ric]htet, und in dieser Lage durch das aufgesetzte Dach erhal[ten], welches zu dem Ende einen Falz hat, in welchen die [obe]rn Ränder der Wände einpassen. Aus dem Dache geht [dur]ch einen Schornstein ein Metalldraht hervor, der sich oben [in e]ine metallene Kugel endigt, und inwendig unter dem Dache [auf] einem Kupferbleche aufliegt, welches mit einer Patrone [mit] Schieſspulver in Verbindung steht. Diese Patrone liegt [auf z]wei Säulen, deren eine von Metall ist, bis unter den Fuſs[bod]en des Hauses hinabreicht, und durch eine Kette mit der [äu]ſsern Belegung einer Verstärkungsflasche verbunden ist. [Wir]d nun die Flasche geladen, und ein mit ihrer innern Seite [ver]bundener Knopf, etwa so wie bei Cavallo's Donnerhause, [ode]r auch die elektrische Wolke, der auf dem Schornsteine [her]vorragenden Kugel genähert, so erfolgt die Entladung, der [Sch]lag dringt in das Innere des Hauses, entzündet das Pulver, [und] erregt dadurch eine Explosion, welche das Dach abhebt,

---

1 S. *Blitz.*

und die Wände aus einander wirft; eben so wie der Bli
nem gewöhnlichen Gebäude Zerstörungen anrichtet, v
keine ununterbrochene metallische Leitung findet, son
seinem Wege durch entzündbare, ihm widerstehende
brechen muſs. Will man nun das Haus gegen diese ze
de Wirkung schützen, so setze man es aufs Neue zu
bringe wieder eine Patrone an den vorigen Ort, hä
jetzt eine Kette, oder noch besser einen Draht an das
Schornsteine hervorgehende Metall, und verbinde di
der äuſsern Belegung der Flasche. Wird dann der
wiederholt, so trifft zwar der Schlag, wie vorhin, die
Schornstein stehende Kugel, aber er wird jetzt durch
auſsen angehangenen Draht, auf einem kürzeren und l
Wege zu seinem Ziele, nämlich zur äuſsern Seite de
geführt, ohne das Innere des Hauses zu treffen, un
schädigen — eine Darstellung im Kleinen von dem, v
kommene Ableitungen auſsen an Gebäuden leisten, um
unschädlich abzuführen, der ohne sie durch anlock
genstände sonst zum Verderben nach Innen geleitet wi
der Patrone mit Schieſspulver, zu dessen Entzündu
ein stärkerer Schlag erforderlich ist, und das auch d
aus einander geworfen wird, kann man sich auch einer
Büchse bedienen, die auf dem Boden des Hauses sich
und die mit ihren beiden, in sie eingekitteten Dräht
seits mit der Zuleitung vom Schornsteine, andererse
eine Kette mit der äuſseren Belegung der Flasche so v
ist, daſs der elektrische Schlag gezwungen wird, d
hindurch zu gehen. Die Knallluft entzündet sich au
den schwächsten elektrischen Schlag, wirft den St
Gewalt und so das Dach in die Höhe, und wenn di
Wandungen mit Heede, die mit Harzpulver eingerieben
legt sind, so bricht die Flamme aus.

Daſs sich noch mancherlei Abänderungen bei di
gentlich nur zu den *elektrischen Spielwerken* g
Apparate anbringen lassen, kann keinem Liebhaber ele
Versuche unbekannt seyn. So hat unter andern Cut
eine in einigen Stücken abgeänderte Vorrichtung diese

hrieben [1], und andere Kleinigkeiten mehr, welche ich hier llig übergehe. *P.*

Doppelbarometer. S. **Barometer.**

Drache, elektrischer.

raco volans papyraceus, observationibus electricis serviens; Cerf volant électrique; *Electrical Kite.* s bekannte Spielwerk der Knaben, welche einen aus Holz d Reifen oder Stäben und Papier zubereiteten Drachen an eir Schnur halten, und vom Winde in die Höhe treiben lassen, nach De Romas und Franklin von mehreren Naturforschern ein Mittel gebraucht worden, einen leichten Leiter hoch in Atmosphäre zu erheben und die Elektricität der Luft oder r Wolken dadurch herabzubringen, und führt daher, wenn es dieser Absicht eingerichtet ist, den Namen des elektrischen achen.

Das Spielwerk des fliegenden Drachen wird schon von Da- el Schwenter [2] beschrieben, der auch einen körperlichen achen verfertigen lehrt, und sich dabei auf einen noch ältern Schriftsteller Jacob Wecker [3] beruft. Wie der Wind einen lchen Drachen hebe, erklärt Musschenbroek [4]. Es sey an Fig. 178. m Stab AB die schlaffe Schnur DEC angebunden. Wenn un an irgend einem Punct derselben E noch die Schnur EM festigt, und bei M mit der Hand gehalten wird, die Fläche des rachens aber mit der horizontalen Richtung des Windes OP einen schiefen Winkel OPH macht, so läfst sich der Stofs des Windes OP gegen den Schwerpunct O in die beiden Theile OH d HP zerlegen. Wird dann angenommen, dafs der Drache rch die Schnur EM festgehalten werde, so findet der Theil r Kraft HO einen unüberwindlichen Widerstand, der Drache

1 Cavallo vollständige Abhandlung der Lehre von der Electricität d. Engl. 4te Ausgabe 1797. I. Bd. S. 209. Sigaud de la Fond Dictonnaire de Physique. Article: Maison de Tonnèrre. Joh. Cuthbertns Abhandlung von der Electricität. Leipzig 1786. S. 20. 21.

2 Mathematische Erquickstunden. Nürnberg 1651. 4. Th. I. S. 472.

3 In Secretis fol. 187.

4 Introd. ad philos. nat. §. 573.

normal gezogenen Linien mit der Richtung de
Winkel von 54° 34′ machen. Die Schnur w
stark angezogen, und man läuft damit dem Win
seinen Stoſs gegen die Fläche noch mehr zu
lassen sich dergleichen Drachen an einer lang
Winde auf beträchtliche Höhen treiben.

Die Ehre der ersten Idee, den fliegenden I
tersuchung der Elektricität der Atmosphäre unc
gebrauchen, gebührt gleichmäſsig dem De Rom
Landgerichts zu Nerac und Benjamin Franklin.
fe, welchen Ersterer den 12. Juli 1752 an di
Wissenschaften zu Bourdeaux schrieb, sagt er r
es ihm am 9ten desselben Monats geglückt sey,
terien aus einer eisernen Stange zu ziehen, s
auch daselbst einen elektrischen Drachen an.
Zeit, ganz unabhängig von De Romas, und ohn
Versuchen desselben wissen zu können, nämlich
kam Benj. Franklin in Philadelphia auf den
führte ihn mit dem glücklichsten Erfolge aus.
dem Ende ein groſses seidenes Schnupftuch über
gelegte Stäbchen aus, und lieſs dasselbe bei Gel
sten aufsteigenden Gewitters an einer hanfene
Höhe, an deren unterstes Ende er einen Schlüss
te. Schon war eine vielversprechende Wolke
ste Wirkung vorübergezogen, als er einige lo

melte sich die Elektricität in dem Schlüssel sehr häufig.
Romas trieb diese Versuche im Jahre 1753 noch weiter, und
dem elektrischen Drachen zugleich eine weit bequemere und
weckmäſsigere Einrichtung. Er bediente sich einer mit Ku-
drahte nach Art der Violinsaiten umflochtenen hanfenen
nur an einem papiernen Drachen, welche $7\frac{1}{2}$ Fuſs Höhe,
uſs Breite und 18 Quadratfuſs Fläche hatte, und dessen Pa-
geölt war. Die hänfene Schnur war unten an eine trocke-
eidene Schnur befestiget, die unter einem Wetterdache von
Regen beschützt, und an ein mit einem Steine beschwertes
ndulum gebunden war. Dadurch war die hanfene Schnur iso-
und die Elektricität wurde mehr angehäuft, das Pendulum
konnte der Stärke des Windes nach Erfordern nachgeben.
dlich hing er an das Ende der hänfenen Schnur eine blecher-
Röhre, welche als Conductor diente, um die Funken daraus
ziehen.

Mit dieser Geräthschaft gelang es DE ROMAS, aus den Wol-
eine stärkere Menge Elektricität herabzubringen, als jemals
ohl vor als nach ihm durch irgend eine Veranstaltung erhal-
worden ist. Als der Drache an einer 780 Fuſs langen
nur, welche mit dem Horizonte einen Winkel von beinahe
machte, 550 Fuſs hoch gestiegen war, zog er am 7ten Jun.
Nachmittags um halb 3 Uhr (nachdem um 1 Uhr zu einer
t, da es von Osten her donnerte, die Versuche angefangen
den waren) aus seinem Conductor durch einen an einer iso-
nden Handhabe gehaltenen Funkenzieher, von welchem eine
e auf den Erdboden herabhing, Funken, deren Schall man
Schritte weit hörte. Er fühlte auf seinem Gesichte die be-
nte Empfindung der Elektricität, als ob Spinneweben über
elbe gezogen würden, ob er gleich drei Fuſs weit von der
nur entfernt stand. Gegen den Conductor, der ohngefähr
. Fuſs hoch über der Erde hing, erhoben sich vom Boden
drei Strohhalme, wovon der längste einen Fuſs hoch war,
den aufrecht, und tanzten, wie Puppen, im Kreise herum,
e einander zu berühren. Nachdem dieses Schauspiel etwa
Viertelstunde gedauert hatte, fing es an zu regnen, die zu-
mende Empfindung von Spinneweben und ein anhaltendes
sseln kündigte Verstärkung der Elektricität an. Endlich
rd der längste Strohhalm von dem blechernen Rohre angezo-

gen, worauf drei Explosionen erfolgten, deren Laut von
mit dem Platzen einer Rakete, von andern mit dem Zers
irdener Krüge gegen einen gepflasterten Boden verglich
de. Man hörte diesen Laut bis mitten in die Stadt (d
suche wurden in der Vorstadt angestellt) und der dabei
nende Feuerstrahl war 8 Zoll lang und 5 Linien dick
Strohhalm, der die Explosion veranlaſst hatte, ward
Schnur des Drachen hin auf 45 — 50 Toisen weit abw
angezogen und zurückgestoſsen; bei jedem Anziehen
ein Feuerstrahl mit einem Knalle. Man spürte einen P
rusgeruch, und rings um die Schnur zeigte sich, obgl
hellem Tage, ein Lichtcylinder von 3 — 4 Zoll Durc
In der Erde entdeckte man, gerade unter dem Conduc
Loch von 1 Zoll Tiefe und 1 Zoll Weite, welches durch
plosionen war verursacht worden. Endlich warfen H
Regen den Drachen herab. Im Niederfallen verwick
die Schnur in einem Dache, und die Person, die sie lo
empfand in den Händen und durch den ganzen Körper
heftige Erschütterung, daſs sie genöthigt ward, die Sch
fort fahren zu lassen, welche auch noch einigen Person
deren Füſse sie fiel, einen erschütternden Schlag gab.
heftigen Wirkungen der Elektricität veranlaſsten De Ro
mehrerer Sicherheit bei ähnlichen Versuchen, einen
Auslader zu erfinden.

Bei einem andern Versuche am 16ten Aug. 1757 w
Feuerstrahlen, welche aus der Schnur des Drachen geg
nahe dabei aufgestellten Leiter fuhren, 10 Fuſs lang un
dick, und ihr Knall glich einem Pistolenschusse. De
erzählt in einem Briefe an Nollet [1] daſs er in wenige
ner Stunde Zeit auf dreiſsig Feuerstrahlen von dieser Gr
halten habe, viele hundert kleinere von 7 Fuſs Länge u
unter ungerechnet, welche allezeit von der Schnur
nächsten dabei stehenden Leiter trafen.

Bei Gelegenheit seiner Versuche im Jahre 1750 fand
mas bereits, daſs ein wie oben zugerichteter elektrische
auch bei sehr heiterer Witterung, wo sich kein Ansche

1 Mém. presentés IV. 514.

m Gewitter zeigte, dergestalt elektrisch werden könne, daſs
n Faden Funken giebt, welche in denjenigen, die sie mit den
ngern ausziehen, starke Erschütterungen hervorbringen. Je
her der Drache durch den Wind getrieben wurde, um so
irker war diese Elektricität. Bisweilen zeigten sich einzelne
eine weiſse Wolken, welche, indem sie sich dem Drachen nä-
rten, die Elektricität zu schwächen schienen [1].

Beccaria in Turin hat sich bei seinen zahlreichen Versu-
en über die Elektricität der Wolken ebenfalls des elektrischen
achen bedient. Er wand die Schnur desselben auf einen
aspel, der auf gläsernen Pfeilern ruhte, und verband den Con-
actor mit der Axe des Haspels. De Romas hat nachher einen
genen elektrischen Wagen angegeben, den man von einem Orte
m andern führen, und die isolirte Schnur des Drachen dar-
f sicher aufwinden und nachlassen kann, ohne sie zu berüh-
n. Brisson [2] beschreibt diese Maschine sehr umständlich;
ist aber allzusehr zusammengesetzt, um in dem elektrischen
pparat allgemein aufgenommen zu werden. Auch Musschen-
oek stellte dergleichen Versuche wiederholt im Jahre 1756
d 1757 an, und erhielt gleichfalls bei vollkommen heiterem
etter und sehr trockener Luft aus einem Schlüssel an der
hnur des Drachen, der 700 Fuſs hoch in die Luft gestiegen
ar, sehr merkliche Funken, welche, wenn mit der andern
and ein Baum angefaſst wurde, mit einer sehr heftigen Er-
hütterung verbunden waren [3]. Aehnliche Versuche sind seit-
m oft wiederholt worden.

Cavallo giebt folgende einfache Vorrichtung zur Prüfung
r atmosphärischen Elektricität vermittelst des elektrischen
rachens an. Man gebraucht dazu am besten gewöhnliche pa-
erene Drachen, vier Schuh lang und wenig über zwei Schuh
eit, die man mit Firniſs überzieht, oder in gesottenem Leinöl
inkt, damit sie der Regen nicht durchnässe und zerreiſse. Die
idnen und leinenen erfordern starken Wind, und sind ohne
utzen theurer und schwerer zu verfertigen, als die papiernen.
röſsere Drachen, als die angebenen sind schwer zu behandeln,

1 Mém. des Savans étrangers Tome 2. 1755.
2 Dict. raisonné de Phys. Art. Charriot électrique.
3 Introd. Tom. I. p. 295.

und diese sind schon stark genug, um eine hinreichende von Schnur in der Höhe zu erhalten.

Der wesentlichste Theil der Zubereitung ist die Schn ein sehr guter Leiter seyn mufs. Cavallo fand, nach ve denen mifslungenen Proben, dafs man die beste Schnur wenn man einen unächten Goldfaden (d. i. einen seiden leinenen Faden, mit einem dünnen Kupferblättchen übe wie sie zu unächten Stickereien gebraucht werden), mi sehr dünnen Bindfaden zusammendrehet. Aechte Gol Silberfäden würden bessere Dienste thun, wenn sie nich der nöthigen Länge der Schnur zu kostbar wären. Die che, den Bindfaden selbst durch Ueberziehen mit Lamp Kohlenstaub u. dgl. zu einem guten Leiter zu machen, s fehl, weil sich diese Materien leicht abrieben. Einweich Bindfadens in Salzwasser that zwar ganz gute Dienste, w unbequem, weil sie beim Gebrauche selbst die Händ machte. Zwei Bindfaden mit einem Messingdrahte zus gedreht, hielten nicht gut, weil der Draht sich an m Stellen drehte und von einander brach.

Die isolirten Knäuel, elecktrischen Wagen und ande liche Vorrichtungen, um sich während des Steigens d chens gegen die Gefahr des Schlags zu schützen, hält C für überflüssig. Er meint, aufser der Zeit eines Gewitte es mit den Schlägen aus der Schnur keine Gefahr; bei Gewitter aber sey es, selbst beim Gebrauche der mögl Vorsicht, nicht rathsam, den Drachen steigen zu lassen man ihn nicht schon vorher in die Höhe gebracht hab scheint dies letztere gerade eben soviel zu seyn, als eine ableiter aufrichten, indem das Gewitter eben über den steht. Ueberdiefs ist bei einem Gewitter die Elektricitä so merklich, dafs man sie durch weit leichtere und si Mittel, als durch den Drachen, beobachten kann [1]. Ist schen die Luft während des Steigens sehr stark elektris räth er blofs an, den Haken einer Seite an die Schnur gen, und das Ende derselben auf dem Boden herabfa lassen, sich selbst aber zu allem Ueberflusse auf einen i

1 S. *Electricitätszeiger.*

n Stuhl zu stellen. Durch dieses Mittel wird der Elektricität r Uebergang zur Erde, als zu ihrem Ziele, durch die Kette ewiesen, der isolirte Körper hingegen verstattet ihr keinen en Weg.

Ist nun der Drache hoch genug gestiegen, so zieht man die nur durchs Fenster in ein Zimmer, bindet eine starke sei- e Schnur daran, und befestigt das Ende derselben an einen weren Tisch. Auf diesen Tisch wird ein kleiner isolirter ductor gestellt, und durch einen Draht mit der Schnur ver- den. Man könnte auf diesen Conductor, wie gewöhnlich, Quadrantenelektrometer befestigen; da er aber durch das wanken der Schnur oft umgeworfen wird, so ist das Elek- eter vor dem Zerbrechen sicherer, wenn man es auf einem rnen, mit Siegellack überzogenen Stative so neben den Con- or stellt, dafs es denselben berührt. Dieses Elektrometer dann die Stärke der in der Luft befindlichen Elektrici- .

Um ihre positive oder negative Beschaffenheit zu prüfen, n man eine Glasröhre gebrauchen, an deren einem Ende ein t mit einem Knopfe eingeküttet ist. Man fasset das andere e an, und berührt die Schnur am Drachen mit dem Knopfe Drahts. Da die Schnur isolirt ist, so theilt sie dem Drahte wenig von ihrer Elektricität mit, welches schon zureicht, Beschaffenheit derselben zu bestimmen, wenn man den Knopf Drahtes an ein elektrisirtes Elektrometer bringt. Ist die ricität nicht stark, so kann man ihre Beschaffenheit an der ur selbst durch Annäherung eines elektrisirten Elektrome- untersuchen. Ist kein Elektrometer bei der Hand, so kann aus dem Conductor eine Flasche laden, welche ihre Ladung Zeitlang behält, und also gelegentlich mit dem Elektrome- untersucht werden kann. Hierzu ist besonders die von Ca- lo angegebene Flasche bequem, die man geladen bei sich en kann [1].

Ist die Elektricität des Drachen sehr stark, so kann man n sechs Zoll weit von der Schnur eine mit dem Boden in bindung stehende Kette befestigen, welche die Elektricität,

---

1 S. *Leidner Flasche*.

im Falle sie gefährlich werden sollte, durch einen Funke
nehmen, und in die Erde führen wird.

Mit dieser Geräthschaft hat CAVALLO in den Jahren
und 1776 eine Reihe von Beobachtungen über die Elek
der Atmosphäre angestellt, deren Resultate bei dem
Luftelektricität angeführt werden sollen. Nur ein ei
mal, am 18ten Oct. 1775, begegnete es ihm, dafs beim
gange einer Regenwolke über den Scheitel die Elektricität
che sich vorher schnell aus einer positiven in eine negati
ändert hatte, ungewöhnlich stark ward. Er entschlo
daher aus Besorgnifs eines unangenehmen Zufalls, die Is
der Schnur aufzuheben, und band in dieser Absicht,
keine Kette bei der Hand hatte, die seidne Schnur ab.
rend dieser Beschäftigung, die kaum eine halbe Minu
dauerte, bekam er zwölf bis funfzehn starke und heft
schütternde Schläge in den Armen, der Brust und den
keln. Er band nun die Schnur unmittelbar an einen St
aber dieser nur ein schlechter Leiter war, so fing sie an
den Fensterrahmen, als den nächsten leitenden Körper
ken zu schlagen, welche man weit hörte. Diese Funke
den immer schneller, und ihre geschwinde Folge veru
einen Laut, der dem Rasseln eines Bratenwenders glich
bald die Wolke vorüber war, hörte diese starke Elek
sogleich auf. Es ward aber weder an diesem, noch eini
vorher und hernach etwas einem Gewitter ähnliches v
nommen.

Man sieht hieraus, dafs der elektrische Drache,
vortreffliches Mittel zur Untersuchung der Luftelektri
auch ist, dennoch bei starken Graden der Elektricität u
züglich bei Gewittern mit vieler Vorsicht behandelt
müsse. CUTHBERTSON hat eine eigene etwas complicirt
richtung beschrieben, und auf einer eigenen Kupfertafe
bildet, um den Drachen mit Bequemlichkeit und Siche
die Höhe steigen zu lassen. Indessen möchten kleine Aër
mit brennbarer Luft gefüllt, die man aus Goldschlägerh
leicht schon von ansehnlicher Gröfse anschaffen kann,
bessere Dienste, als der Drache thun. Sie haben den en
denen Vorzug vor diesem, dafs sie auch bei ganz wind
Wetter steigen, und dafs sie noch zu gröfseren Steighöh

echt werden können. Sie sind auch bald nach den ersten ostatischen Versuchen vom Abbé Bertholon in Montpellier, ...tenberg in Göttingen, und andern mit Vortheil zur Unter...ung der atmosphärischen Elektricität gebraucht worden [1].

Drache, fliegender. S. Feuerkugel.

Drachenkopf.

...put draconis; ist ein veralteter Name für den aufsteigen... Knoten der Mondsbahn.

Nach Kepler [2] ist dieser Name von den Arabern herge...mmen. Er leitet diesen und die folgenden Ausdrücke aus der ...en und schmalen (also schlangenförmigen) Gestalt des ...ifens her, der an der Himmelskugel durch die Ekliptik ... die Mondsbahn eingeschlossen wird. Unter den beiden ...en, in welche dieser ausläuft, stelle die eine den Kopf ...r Schnabel der Schlange oder des Drachen, die andere den ...wanz vor. *B.*

Drachenmonat.

...nsis draconticus; ist bei den ältern Astronomen die ...t, welche der Mond gebraucht, um vom aufsteigenden Kno...bis wieder zum aufsteigenden Knoten zu gelangen. *B.*

Drachenschwanz.

...uda draconis; ein veralteter Name für den niedersteigen... Knoten der Mondsbahn. *B.*

Drahtbrücke. S. Hängebrücke.

Drehwaage.

...ulomb's Waage; *Jugum Coulombicum;* **Ba...nce de Coulomb, balance de torsion, balance élec...que;** *Coulomb's balance.*

---

1 Priestley, Geschichte der Elektricität durch Krünitz S. 116, ...L. S. 222. u. f. Die Elektricität der Lufterscheinungen. Aus dem ...nzösischen des Abt Bertholon de St. Lazare. Leipzig 1792. 1ster Bd. ...s Kapitel. Von den elektrischen Drachen S. 25. John Cuthbertsons ...handl. von der Elektricität. Leipzig 1786. S. 28. Cavallo's vollst. ...handlung 4te Auflage 1797. I. Band S. 317 flgd.

2 Epitome astronom. Cop. Lib. VI.

ten Fadens aus der Gröfse des von den Enden c
durchlaufenen Bogens [1]. Später dehnte er die U
auch auf metallene Drähte aus [2], und gebraucl
construirten Apparat nachher auch zu andern
namentlich *elektrischen* und *magnetischen* Forsc
wegen derselbe auch den Namen der *elektrische*
hielt. Man darf also allerdings annehmen, dafs C
die Bemühungen, die Elasticität fadenförmiger,
genaxe gedreheter Körper zu erforschen, auf
seiner Waage unmittelbar geführt sey; allein au
zugleich, dafs schon früher um 1768 Michell
Apparat construirte, womit er die Repulsion der
len mafs [3], und welcher ihm ohne Zweifel gleic
Veranlassung zur Construction derjenigen Drehw
che später Cavendish zur Auffindung der Dichti
balls gebrauchte. Michell's erster Apparat nä
aus einem dünnen, auf einer feinen Spitze bala
mit einem höchst dünnen Bleche an dem einen A
kleinen magnetischen Spitze am andern zum Ein
ben in den magnetischen Meridian, bei seinem
hatte er zur Vermeidung der, wenn auch noc
Reibung auf dem Stifte den Hebelarm an einem
hangen, welche höchst zweckmäfsige Methode
Anfang an befolgte. Wie dem auch sey, so dürf

praktisch höchst brauchbaren, vielfache Abänderungen
attenden Apparates ansehen.

Die *Drehwaage* ist im Allgemeinen bestimmt, sehr klei-
Kräfte des Stofses, der Anziehung, Abstofsung u. dgl. zu
sen, indem man dieselben gegen einen horizontalen Hebel-
a b wirken läfst, welcher an dem in d befestigten Faden Fig. 179.
frei schwebt, durch die Elasticität desselben, wenn er um
Axe gedrehet wird, den einwirkenden Kräften widersteht,
durch diesen Widerstand die letzteren mefsbar macht.
nach wird die Drehwaage um so empfindlicher seyn, je län-
der Hebelarm a c und der ihn tragende Draht d c, und je
nger der Widerstand der Drehung ist, welchen der Faden
ausübt, vorausgesetzt, dafs derselbe zugleich hinlänglich
tisch sey, und nach der erforderlichen Umdrehung um seine
den Hebelarm wieder auf seinen ursprünglichen Stand zu-
führe. Man kann daher auch unter den allgemeinen Be-
der Drehwaage das Aufhängen der Magnetnadeln an Spinne-
en oder Seidencoconfäden rechnen.

Oft kann es nur darum zu thun seyn, überhaupt zu wis-
, ob irgend eine abstofsende Kraft vorhanden sey, welche
zu erkennen wünscht, auch wenn sie nur verschwindend
in ist, oft aber ist die Kraft bedeutend stärker, und es
mt darauf an, ihre gröfsere oder geringere Intensität unter
verschiedenen gegebenen Bedingungen zu finden. Die Dreh-
ge giebt die Mittel, alle diese verschiedenen Kräfte von der
sten bis zur gröfsten zu messen. Wird nämlich ein sehr
ter Hebelarm an einem Spinnefaden aufgehangen, so haben
uche gelehrt, dafs solche Fäden mehrere tausendmale um
Axe gedrehet werden können, ohne eine mefsbare Reaction
zuüben [1], und sie setzen daher einer sie bewegenden Kraft
unendlich kleines Hindernifs entgegen, sind aber eben des-
gen zum *Messen* untauglich, weil ein an ihnen aufgehange-
Hebelarm, durch eine zufällig veranlafste Oscillation in Be-

1 Aus Phil. Tr. bei Robison Mec. Phil. I. 377. Bennet drehete
en solchen Faden mehrere tausendmale um seine Axe, fand ihn um
hr als ein Viertheil seiner Länge verkürzt, ohne ein Bestreben nach
rückdrehung zu entdecken. S. Young Lectures on Nat. Phil. I. 141.

wegung gesetzt, an jedem beliebigen Orte ruhen könnte. defs läfst sich nach Micheli's Verfahren [1] ein Mittel fi einem solchen Apparate die feinste Reaction zu geben, man ihn mit einer Magnetnadel verbindet, welche man derum von der allerschwächsten bis zu derjenigen Gröfse len kann, dafs der Spinnefaden noch gerade hinreicht, da wicht des Waagebalkens zu tragen. Wollte man vermitte nes solchen Apparates die geringsten abstofsenden Kräfte, nach Fresnel's sinnreicher Angabe die Repulsion der Wä messen, so würde ich vorschlagen, den Hebelarm a b aus dünnen Grashalme zu verfertigen und an diesem die k Bleche a und b zu befestigen, durch denselben in der Mit feine Endchen Draht c e zu stecken, an dessen Häkchen Spinnefaden, am andern Ende e aber die nach Erfordern Magnetnadel n s zu befestigen, welche gerade hinreichen den Hebelarm in den magnetischen Meridian zu richten.

Fig. 180.

Sollen vermittelst der Drehwaage gröfsere Kräfte stärkere Reaction gemessen werden, so hängt man den A einigen Fäden ungezwirnter Seide auf, welche der Drehu einander so viel stärkeren Widerstand entgegensetzen, je gr ihre Menge ist. Inzwischen gestatten diese, eben wie die netnadeln, nicht ohne grofse Schwierigkeiten eine eigen *Messung* der einwirkenden Kraft, und wenn es daher auf ankommt, so mufs man nach Coulomb's Vorschlage M drähte zum Aufhängen des Waagebalkens wählen. Will ferner die abstofsende Kraft der Elektricität untersuchen, die Drehwaage als *Elektrometer* gebrauchen, so verf man den Waagebalken aus einer dünnen Glasröhre oder a nem feinen Cylinder Schellack, welchen man leicht erh kann, wenn man ein Stück Schellack an einem Kerzenl erweicht, und erforderlichen Falls in bedeutender Länge Art des Glases auszieht. Zum horizontalen Balanciren de ben hängt man von seiner Mitte herab eine feine Steck den Knopf nach unten gekehrt, an den Enden aber w kleine Kugeln von dem Marke der Sonnenblume oder Scheibchen Rauschgold befestigt. Um den Luftzug abzuh

1 Priestley a. a. O.
2 Ann. Ch. Ph. XXIX. 57 u. 107.

wird der Apparat in einen gläsernen Behälter gebracht, und Fi
weil so weite und lange Cylinder, als einerseits die Länge der 18
Hebelarme und andererseits die Länge des Drahtes erfordern,
kostbar seyn würden, und viel Raum einnehmen, so besteht
die gläserne Umgebung der Drehwaage aus einem weiten Cylinder AB mit einer Glas- oder Messing-Platte bedeckt, auf welcher ein enger, aber längerer Cylinder DC aufgerichtet steht.
Unten im weiten Cylinder befindet sich ein getheilter Kreis $\alpha\,\alpha$,
über welchem der Hebelarm schwebt, so daſs man den von dem
Ende desselben durchlaufenen Bogen messen kann, und oben
wird gleichfalls ein im Cylinder drehbarer getheilter Kreis $\gamma\,\gamma$
so angebracht, daſs man seine Grade mit denen des unteren
correspondirend einstellen kann, zugleich aber ist an dem
Knopfe l, worin der Draht oder Faden der Drehwaage festsitzt,
ein Zeiger angebracht, welcher auf die Grade des oberen Kreises zeigt und angiebt, wie viele Male man den Faden um seine
Axe gedrehet hat. Für den elektrischen Gebrauch wird der
weite Cylinder über dem unteren Kreise durchbohrt, und durch
die Oeffnung ein Draht mit zwei kleinen Knöpfchen β, β gesteckt denen man von auſsen die Elektricität mittheilt, durch
welche die Kugel an dem einen Arme der Waage abgestoſsen
wird. Die Gröſse des Bogens, um welchen sich die Kugel von
den Knöpfchen entfernt, dient dann zum Messen der Stärke
der elektrischen Repulsion.

Man giebt dem Hebelarme der Drehwaage eine gröſsere oder
geringere Länge, je nach den Untersuchungen, die man damit
anstellen will, indem die Kraft, welche am Ende dieses Hebelarmes angebracht eine Umdrehung des Fadens um seine Axe
bewirkt, für gleich groſse Bogen der Länge des Hebelarmes umgekehrt proportional ist. Für geringe Kräfte muſs man daher
lange Hebelarme wählen. Ist der Faden, woran der Waagebalken hängt, nach dem oben gegebenen Vorschlage ein Spinnefaden, so kann derselbe nur kurz seyn, weil dieser einer Umdrehung um seine Axe keine meſsbare Reaction entgegengesetzt;
besteht derselbe aber aus mehreren ungezwirnten Seidenfäden
oder aus einem feinen Metalldrahte, so müssen beider Längen
um so gröſser seyn, je kleinere Kräfte man damit zu messen
beabsichtigt. Rücksichtlich der Metalldrähte insbesondere hat
Coulomb aufgefunden, daſs der Widerstand, welchen dieselben

einer Drehung um ihre Axe entgegensetzen, im umge Verhältnisse ihrer Länge und im geraden der vierten ihres Halbmessers steht [1]. Aufserdem lassen sich die Drähte mehrere Grade umdrehen, und kommen los wieder auf ihren anfänglichen Standpunct zurück, in Hinsicht der Messingdraht vorzüglich brauchbar ist. C erhielt Saiten von Messing, N^{ro}. 12 und 7 in einer Lä etwa 8 F. 30 Stunden lang 7 mal durch einen ganze umgedrehet, und sie kamen dennoch mit unveränderter cität wieder auf ihren anfänglichen Standpunct zurück. lich aber wird unten gezeigt werden, dafs man die Kraf che auf den Hebelarm der Drehwaage wirkt, am beq aus der Zeit der Oscillationen desselben, verglichen mi des einfachen Secundenpendels, messen kann.

Auf welche Weise jederzeit bei Versuchen mit de waage die erhaltenen Resultate zu berechnen sind, wird einzelnen Anwendungen derselben erwähnt werden. schen zeigt Coulomb [2] und nach ihm noch leichter Bio allgemeine Methode dieser Berechnung unter der durch rung gefundenen Voraussetzung, dafs der Widerstand, ein um seine Axe gedreheter Metalldraht der drehende entgegensetzt, dem Winkel der Drehung proportional lange die Drehung nicht über die Elasticität des gedrehet pers hinausgeht, der Draht also losgelassen wieder au Ruhestand zurückkommt.

Drehet man den Waagebalken, welcher an dem Dra beliebiger Länge befestigt ist, aus dem Stande der Ruhe durch den lothrecht herabgehenden Draht gegebene Ax überläfst ihn dann sich selbst, so wird er durch die El des Drahtes rückwärts bewegt um diese Axe oscilliren, ne Bewegung gehört also unter die allgemeine Classe de gungen um eine feste Axe. Wird also angenommen, ein Körper in der Entfernung $= 1$ von der Rotationsax Zeit $= t$ eine Winkelgeschwindigkeit $= \omega$ erhalten, diese $= r\omega$ seyn für einen Punct in der Entfernung =

1 S. *Elasticität.*

2 Mém. de l'Ac. 1784. p. 231.

3 Traité I. 520.

ieser Axe. Nennt man die beschleunigende Kraft, welche rmöge der Drehung des Drahtes diesen Punct perpendiculär f den Radius r bewegt $= \varphi$, so würde diese ihm als frei und in bewegt gedacht in dem Zeitelemente d t eine Vermehrung r Geschwindigkeit $= \varphi\, dt$ mittheilen, und somit in der Zeit $+ dt$ seine Geschwindigkeit $= r\omega + \varphi\, dt$ seyn. Weil aber ser Punct mit allen übrigen Puncten des Körpers fest ver-nden ist, und sie sich daher ihre Bewegungen gegenseitig ttheilen, so wird die mittlere Winkelgeschwindigkeit, wel-e für die Zeit $t = r\omega$ war, in der Zeit $t + dt = r\omega + r\, d\omega$ yn. Wenn man aber dem angenommenen Puncte diese mitt-re Winkelgeschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung seiner irklichen Rotation mittheilte, und dieses zugleich für jedes lement des Körpers, so müfste wegen ihrer Verbindung un-r einander und ihrer wechselseitigen Reaction ihre Rotation ährend des Zeitelementes d t völlig verschwinden. Es werden her die Geschwindigkeiten $r\omega + \varphi\, dt$ und $r\omega + r\, d\omega$, wenn . jedem einzelnen Puncte in entgegengesetzter Richtung zu-mmen, sich gegenseitig das Gleichgewicht halten; und da n sie für jeden Punct eines Elementes des Körpers $= dm$. constant ansehen kann, so wird dieses nämliche Gleichge-icht auch für alle Gröfsen der Bewegung $(r\omega + \varphi\, dt)\, dm$ d $(r\omega + r\, d\omega)\, dm$ statt finden. Sucht man demnach die tischen Momente dieser Kräfte in Beziehung auf das gemein-haftliche Centrum der Oscillation, indem man sie mit r, als r Länge des Hebelarmes multiplicirt, an dessen Ende sie wir-d angenommen werden, welches $(r\omega + \varphi\, dt)\, r\, dm$ und $r\omega + r\, d\omega)\, r\, dm$ giebt, so müssen die Summen dieser Mo-mente für die ganze Ausdehnung des Körpers gleich seyn, oder

$$\int (r\omega + \varphi\, dt)\, r\, dm = \int (r\omega + r\, d\omega)\, r\, dm;$$

nd wenn man aus beiden Gröfsen $\int r^2 \omega\, dm$ wegnimmt, so ist

$$\int r\, \varphi\, dt\, dm = \int r^2\, d\omega\, dm.$$

Indem ferner die Zeit und die Winkelgeschwindigkeit ω ach dem Abstande vom Centrum der Oscillation gemessen für eden Punct gleich sind, so kann man diese unter dem Inte-ralzeichen wegnehmen, und erhält somit

$$dt \int r \varphi dm = d\omega \int r^2 dm.$$

Das letztere dieser Integrale hängt ab von dem Trägheitsmomente des Körpers in Beziehung auf die Entfernung r von der Umdrehungsaxe, das erstere theils von der Gestalt des Körpers, theils von der Intensität der Kraft φ. Es drückt also φ dm die Kraft aus, womit die Elasticität der gedrehten Saite das Element des Körpers dm in der Entfernung r von der Umdrehungsaxe fortstöfst, und $r \varphi$ dm ist das statische Moment hiervon; oder aber die Kraft $r \varphi$ dm, auf das Ende des Radius r perpendiculär wirkend, würde einen gleichen Effect hervorbringen, als die Kraft φ auf das Element dm. Die Summe aller dieser Kräfte, in der Entfernung = 1 von der Umdrehungsaxe und der durch Drehung der Saite erzeugten Spannung entgegenwirkend, keine vorher erlangte Winkelgeschwindigkeit vorausgesetzt, würde den Körper in Ruhe bringen, und eine Drehung durch die Elasticität des Fadens aufheben. Heifst daher n die Kraft, welche auf das Ende des Armes von einer Länge = 1 normal wirkend diesen zum Stillstande bringt, und nimmt man den Bogen, um welchen diese Kraft den Hebelarm von seinem Ruhepuncte an der Elasticität der Saite entgegen bewegt hat, gleichfalls zur Einheit an, so mufs n X diejenige Kraft seyn, welche ein ähnliches Gleichgewicht, oder den Stillstand des umgedreheten Armes für einen Winkel = X hervorbringt. Die beiden Kräfte n X und $\int r \varphi$ dm müssen daher einander gleich seyn, weil bei ihrer entgegengesetzten Wirkung die Bewegung = 0 wird, und es ist also

$$nX = \int r \varphi dm.$$

Wird dieser Werth in die allgemeine Gleichung für die Bewegung der Körper[1] substituirt, so ist

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{nX}{\int r^2 dm}; \text{ oder kurz } \frac{d\omega}{dt} = \alpha^2 X.$$

Heifst der Bogen, durch welchen man den Hebelarm von seinem Ruhepuncte an (wobei also die Saite gar nicht gedreht

---

1 Vergl. Th. I. p. 951.

st) bewegt hat, A, die Entfernung vom Ruhepuncte aber, wo ich derselbe in der Zeit t befindet, X, so ist A—X der vom Anfange seiner Bewegung an durchlaufene Bogen, und da dieser in der Entfernung $=1$ von der Umdrehungsaxe gemessen wird, so findet man die der Zeit $=t$ zugehörige Winkelgeschwindigkeit

$$\omega = -\frac{dX}{dt};$$

wobei das — Zeichen deswegen erforderlich ist, weil die Geschwindigkeit zunimmt, je kleiner X wird. Wird diese Gleichung abermals differentiirt, indem dt constant bleibt, so ist

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{d^2X}{dt^2}$$

und hierin substituirt

$$\frac{d^2X}{dt^2} = -\alpha^2 X;$$

wovon das Integral

$$X = a \text{ Sin. } (\alpha t + b)$$

mit zwei willkührlichen Constanten, welche aus den Bedingungen der anfänglichen Bewegung bestimmt werden müssen. Bei den Versuchen mit der Drehwaage läſst man den Waagebalken einen gewissen Winkel $=A$ vom Ruhepuncte an um die Rotationsaxe beschreiben, läſst ihn dann frei oscilliren, ohne ihm eine Anfangsgeschwindigkeit mitzutheilen. Hiernach wird für den Anfang seiner Bewegung, also $t=0$,

$$X = A; \quad \frac{dX}{dt} = 0.$$

Das Erstere erfordert, daſs $A = a \text{ Sin. } b$, das Letztere daſs $0 = a\,\alpha \text{ Cos. } b$ sey. Indem aber α gegeben ist, und a nicht $=0$ seyn kann, weil sonst A stets $=0$ seyn müſste, so muſs Cos. $b = 0$ seyn, also $b = 90°$; Sin. $b = 1$ und $A = a$, wodurch die beiden Constanten bestimmt sind. Wenn man daher diese Werthe in die allgemeine Gleichung substituirt, so giebt dieses

$$X = A \text{ Cos. } \alpha t.$$

In wiefern diese Gleichung das Verhalten der Drehwaage ausdrücke, läſst sich durch folgende Betrachtung einsehen. Dreht man einen willkührlichen, an der Seite hängenden Körper

aus seinem Zustande der Ruhe über dem unter ihm befindli
getheilten Kreise so, daſs ein Punct desselben den Winkel A
dem anfänglichen Ruhepuncte bildet, und hält ihn hier fest
ist $X = A$ und $t = 0$. Läſst man ihn dann los, so wir
durch die Reaction der Saite zu oscilliren beginnen, und so
hiernach t wächst, wird Cos. α t kleiner, und X nimmt ab;
die Rotationsgeschwindigkeit wächst, denn der allgemeine,
dem Werthe von X entnommene Ausdruck $\frac{dX}{dt} = - A\alpha$ Si
besagt, daſs der Factor Sin. αt, welcher $= 0$ ist für $t = 0$,
der Vermehrung dieser veränderlichen Gröſse zugleich wä
Der stets abnehmende Bogen X wird $= 0$, wenn cos. αt
Quadranten gleich ist, oder durch π die halbe Peripherie
zeichnet, $= \frac{\pi}{2}$. Man hat alsdann $t = \frac{\pi}{2\alpha}$, und der bew
Punct befindet sich auf dem ursprünglichen Stande der R
wird aber hier nicht ruhen, indem die Geschwindigkeit de
ben vielmehr ihr Maximum erreicht hat; denn $\frac{dX}{dt}$ wird
Gröſstes, wenn $\alpha t = \frac{\pi}{2}$, d. i. einem Quadranten gleich ist
wie aber über diesen Punct hinaus t zunimmt und αt grö
als ein Quadrant wird, also auch Cos. αt negativ, weil X
die entgegengesetzte Seite des anfänglichen Ruhepunctes
übergeht, nimmt die Geschwindigkeit wieder ab, und
endlich $= 0$, wenn αt dem Halbkreise gleich ist. Dieses g
für den allgemeinen Ausdruck $\alpha t = \pi$, also $t = \frac{\pi}{\alpha}$ und
seinnach $X = A$ und $\frac{dX}{dt} = 0$, worauf die Oscillation wi
beginnt und ohne Ende fortdauern würde, wenn der Widers
der Luft und sonstige Hindernisse nicht endlich einen Still
herbeiführten [1]. Jede Oscillation wird dann vollendet in
Zeit T, deren Werth $= \frac{\pi}{\alpha}$ ist, oder hierfür den obigen
druck wieder eingeführt, erhält man

---

1 Vergl. hierüber *Elasticität.*

$$T = \pi \left(\int \frac{r^2 \, dm}{n}\right)^{\frac{1}{2}}$$

nach also die Zeit gefunden werden kann, wenn man die stalt des Körpers und die Constante n kennt.

Coulomb hing an die von ihm gebrauchten Metallsaiten Cyder, in deren lothrechter Axe die herabhängende Metallsaite festigt war, mit einem kleinen Zeiger, welcher auf einem unn liegenden getheilten Kreise die durchlaufenen Bogen maſs, d dessen Masse gegen die des Cylinders als verschwindend beichtet und bei der Berechnung vernachlässigt werden konnte. findet dann für diesen Fall

$$T = \pi \left(\frac{M a^2}{2 n}\right)^{\frac{1}{2}}$$

rin π und n die angegebene Bedeutung haben, M aber die sse des Cylinders bezeichnet, gegen welche die des Drahtes rschwindend ist, und a den Halbmesser des Cylinders [1]. Ist er der aufgehangene Körper ein in seiner Mitte an dem Drahte festigter Cylinder von verhältniſsmäſsig sehr geringer Dicke gen seine Länge, so würde man nach Biot auf folgende Weise e Bestimmung von $\int r^2 \, dm$ erhalten können. Zerlegt man n Cylinder durch Schnitte lothrecht auf seine Axe in verhwindend kleine Theile, so stellt dr die Dicke eines solchen heilchens vor, und ist dann ϱ der Halbmesser des Kreises seir Basis, so ist sein Inhalt $= p \varrho^2 \, dr$, wenn p das Verhälts des Kreises zu seinem Durchmesser als Einheit genommen eichnet. Ist der Cylinder sehr dünn, so kann man ein soles abgeschnittenes Theilchen als ein solides Element dm anhen, dessen Theile von der Rotationsaxe sämmtlich gleich weit ntfernt sind, und das Integral $\int r^2 \, dm$ wird $= \int p \varrho^2 r^2 \, dr$, relches $= \frac{1}{3} p r^3 \varrho^2$ ist, da $p \varrho^2$ für alle einzelnen Abschnitte onstant bleibt. Um dieses Integral auf die gesammte Masse des ylinders auszudehnen, dessen Länge $= 2 l$ angenommen wird, nuſs man es von $r = 0$ bis $r = l$ nehmen, und verdoppeln, rodurch man $\frac{2}{3} p \varrho^2 l^3$ erhält. Es ist aber die Masse des Cylinrers $= M = 2 p \varrho^2 l$, welches substituirt giebt

---

1 Vergl. *Elasticität* Nro. 3.

$$\int r^2\, dm = \frac{M l^2}{3},$$

und also nach der oben für die mit lothrechter Axe aufge
nen massiven Cylinder gefundenen Formel

$$T = \pi \left(\frac{M l^2}{8 n}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Wird hiernach die Drehwaage mit einem gewöhnliche
del verglichen, so ist für letzteres, wenn π gleichfalls di
Peripherie des Kreises, L die Länge desselben, g die Falll
1 Secunde und T die Zeit der Oscillationen in Sexagesimal
den bedeutet, im einfachsten Ausdrucke

$$T = \pi \left(\frac{L}{g}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Wenn man daher in dieser und der vorhergehenden For
Zeiten gleich setzt, so erhält man

$$\frac{L}{g} = \frac{M l^2}{3 n}.$$

Man kann aber die Masse des Körpers einfach durch se
wicht ausdrücken, wenn man berücksichtigt, dafs er v
desselben auf gleiche Weise als der Körper des Pendels zu
strebt, und demnach $g M = P$ setzt. Dieses substituir
für einen sehr dünnen, horizontal schwebenden, in seine
aufgehangenen Cylinder, dessen Länge $= 2 l$, dessen Ha
ser aber hiergegen verschwindend ist,

$$1. \quad n = \frac{P l^2}{3 L}.$$

Für einen mit lothrechter Axe aufgehangenen massiven Cy
aber, wenn man diesen auf die oben angegebene Art a
Drahte um seine Axe oscilliren läfst, und den Halbmesser
ben $= a$ nennt, ist

$$2. \quad n = \frac{P a^2}{2 L}.$$

Um aber diese Formln praktisch brauchbar zu machen
nicht übersehen werden, dafs die Normallänge des Sec
pendels nach den Schwingungszeiten des oscillirenden K
corrigirt werden mufs, indem sonst eine Vergleichung m
ser Normallänge voraussetzen würde, dafs auch der oscill
Körper nur eine Schwingung in einer Secunde machen n

[Da]em aber die Längen der Pendel sich verhalten wie die Qua[dra]te der Schwingungszeiten, so wird der hierzu erforderliche [Co]efficient gefunden, wenn man das Quadrat der Zahl der Se[cun]den durch das Quadrat der Zahl der Oscillationen dividirt. [Sol]l diesemnach die Kraft, womit die aus einem Waagebalken [vo]n verschwindender Dicke bestehende Drehwaage einer auf sein [En]de normal wirkenden Kraft vermöge ihrer Elasticität entge[gen]strebt, aus den Oscillationen derselben in denjenigen Ge[wich]tstheilen gefunden werden, worin das Gewicht desselben [= P] gegeben ist, so nenne man diese Kraft $= n$; die Länge [des] Hebelarmes, in gleichem Maſse als die des einfachen Se[cun]denpendels gemessen $= 2\,l$; die Länge des Secundenpendels $= L$; die Zahl der Schwingungen, welche der Waagebalken [ma]cht $= m$; die Zahl der Secunden, worin sie vollendet wer[den] $= t$; und man hat für 1.

$$n = \frac{P\,l^2}{3\,L\left(\frac{t}{m}\right)^2}.$$

[Wir]d aber der Halbmesser des mit einem verhältniſsmäſsig nicht [schw]eren Zeiger versehenen Cylinders, welcher statt des Waa[geba]lkens aufgehangen ist $= a$ gesetzt, so erhält man für 2.

$$n = \frac{P\,a^2}{2\,L\left(\frac{t}{m}\right)^2}.$$

[Nim]mt man endlich die Länge des einfachen Secundenpendels [unte]r dem 45sten Grade der Breite $L = 440{,}4$ Linien an, so [erhäl]t man für einen horizontalen Waagebalken der Drehwaage

$$1.\quad n = 0{,}00075689\,P\,\frac{l^2}{\left(\frac{t}{m}\right)^2}.$$

[un]d für einen in seiner Axe aufgehangenen Cylinder

$$2.\quad n = 0{,}00113533\,P\,\frac{a^2}{\left(\frac{t}{m}\right)^2}.$$

[wo]bei der beständige Logarithmus für 1. $= 0{,}8790314 - 4$; [fü]r 2. $= 0{,}0551227 - 3$ ist. Diese Formel giebt also die Kraft [de]r Elasticität $= n$, welche einen Draht oder einen ähnlichen

Körper lothrecht auf einen Hebelarm von der Länge einer um den Winkel = X zu drehen vermag.

Um die praktische Anwendung dieser Formel bess übersehen diene folgendes Beispiel zu Nro. 2. Coulomb [1] an einen Messingdraht von Nro. 12. einen Cylinder, dessei wicht = P = 2 ℔ und dessen Halbmesser = a = 9,5 betrug. Dieser machte 20 Oscillationen in 242 Secunden. dem nun die Länge des einfachen Secundenpendels von lomb zu 440,5 Lin. angenommen wird, so ist hiernach

$$n = \frac{2\,(9{,}5)^2}{2 \times 440{,}5 \left(\frac{242}{20}\right)^2} \text{ in Pfunden} = \frac{1}{71}$$

oder dieser Draht wirkt einer in der Entfernung von seinei = 1 Lin. ihn drehenden Kraft mit $\frac{1}{715}$ ℔ entgegen. I aber die auf einen Hebelarm wirkenden Kräfte den Längen selben umgekehrt proportional sind, so würde für einen H arm von q Linien $n = \frac{1}{q \cdot 715}$ ℔ seyn. Ist ferner n für Draht von einer gegebenen Länge gefunden, so verhalten die Elasticitäten bekanntlich umgekehrt wie die Längen, wenn daher die Länge des elastischen Drahtes, welcher zur stimmung von n diente, λ heifst, so wird n für eine an Länge = λ' gefunden, wenn man $n = \frac{1}{q \cdot 715} \times \frac{\lambda}{\lambda'}$ nimm

Endlich bleibt aber hierbei noch eine Schwierigkeit. Kraft der Reaction eines elastischen, um seine Axe gedre Drahtes = n ist nämlich, wenn der Zeiger auf 0 und sich s überlassen in Ruhe steht, = 0, und wird für einen gegeb Winkel A = n A, oder sie ist dem Winkel, um welchen Draht gedrehet wird, proportional. Die Bestimmung des e derlichen Winkels liegt nicht unmittelbar in der gegebenen mel, insofern die Elasticität aus den Schwingungen berec wird, diese aber nach mechanischen Gesetzen für alle W isochronisch sind. Coulomb hat indefs die Formel auf

---

1 Mém. de l'Acad. 1784. p. 248.

che Weise entwickelt, dafs bei derselben sowohl als auch
den Versuchen ein Winkel von 180° oder $= \pi$ zum Grunde
, welcher daher auch bei dieser Bestimmung als Einheit an-
mmen wird, wenn man die Elasticität auf die angegebene
se aus den gegebenen Gröfsen finden will. *M.*

Drosometer.

aumesser; von δρόσος, Thau. Eine Waage, deren ei-
Ende eine Platte trägt, die den Thau vorzüglich gut an-
mt, und das andere ein Gegengewicht, das nicht so leicht
aut wird. Vielleicht liefse sich für ein so geringes Gewicht
Vortheil die kleine Waage anwenden, welche zum Sortiren
Baumwollengarns gebraucht wird, und an welcher der Zei-
das Gegengewicht macht. Statt der Platte möchte es rath-
er seyn, ein Büschel Wolle oder Eiderdunen am kürzern
anzuhängen, da diese leichten Körper nach den Erfahrun-
von Wells und Harvey den Thau in vorzüglicher Menge
nehmen. Einige rathen an, das *Atmometer* mit zu Rathe
ziehen, weil während des Thauens ein Theil wieder ver-
mpft; allein da nach den Versuchen des genannten Physikers
Bethauung selbst vom Feuchtigkeitszustande der Luft abhän-
ist, und hinwiederum die Angaben des Atmometers durch
Thauniederschlag modificirt werden, so scheint diese Vor-
ht überflüssig zu seyn [1]. *H.*

Druck.

Pressio; Pression; *Pressure.*

Obgleich man im gemeinen Leben und gleichfalls in der
chanik die Bedeutung des Wortes Druck für genügend fest-
setzt hält, so zeigt sich doch bei genauerer Untersuchung,
s es schwer ist, eine scharfe Definition davon zu geben. Mei-
ns versteht man darunter *das Bestreben eines ruhenden Kör-
s einen andern berührten Körper in Bewegung zu setzen*, und
ieht dieses entweder auf das Verhalten des ersteren im All-
meinen, oder betrachtet es als die Wirkung einer ihn treiben-

1 S. *Thau.*

den Kraft. Um aber nicht allgemein jede *bewegende* Kr
drückende zu nennen, wird die Bedingung der *Ruhe* z
mit in die Definition aufgenommen [1]. Im Allgemeinen
drückende Körper allerdings in Ruhe, und zwar deswege
ein anderer ihm entgegenwirkender, oder ein unüberwir
Hindernifs entgegensetzender, Körper seine Bewegung u
lich macht. So sagt man, dafs ein Mensch, ein Stein, ein
Blei durch ihr Gewicht gegen den Boden, das Wasser ge
Wände der Gefäfse, die Luft gegen die Oberfläche de
oder eine sie umschliefsende Hülle drücken. Streng gen
ist aber der Zustand der Ruhe keine nothwendige Bedingu
Druckes. So wird man nicht sagen können, ein Gewicl
drücke nicht mehr gegen eine Waagschale, wenn dieselbe
oder das Wasser übe keinen Druck aus gegen die herabgel
Kasten eines oberschlächtigen Rades [2], wie schon daraus u
kennbar hervorgeht, dafs man oft sagt, es werde ein Gege
durch eine Last *herabgedrückt*, *niedergedrückt*. Robiso
läutert dieses ausführlich, indem er davon ausgeht, da
chanische Wirkungen den herrschenden Ansichten gemäf
vorgebracht werden sollen durch *Druck* und *Stofs*, w
man als wesentlich verschiedene Kräfte und Kraftäufser
zu betrachten pflege. Liegt z. B. eine Kugel auf dem T
und man drückt diese an eine Seite, so wird sie sich bew
und in dieser Bewegung fortfahren, wenn ihr der drüc
Gegenstand folgt. Eben so würde auch ein Rad umge
werden, wenn man auf eine seiner Speichen drückte, un
diesem Drucke fortführe. Eben diese Bewegungen, welch
leugbar Folgen des Druckes sind, könnten auch durch ein

1 Gehler alte Ausg. I. 604. sagt: wenn ein *ruhender* Kör
s. w. In der Encyclop. méthod. Art. Pression heifst es: Actio
corps pésant d'en mouvoir un autre. Young Lectures I. 59. II. 3
finirt: Pressure is a force, counteractet by another force, so that *n*
tion is produced. Weil hierbei die Wirksamkeit einer Kraft ur
Bestreben, eine Bewegung hervorzubringen, unverkennbar ist, ohn
eine Bewegung hervorgebracht und die Aeufserung der Kraft wahrn
bar wird, so führte dieses auf den Unterschied der *lebenden* und *t*
Kräfte. Vergl. *Kraft*.

2 Christian Mécan. indust. I. 16 u. 123.

3 Mechan. Philos. I. 5 ff.

pannte Feder und nach dem Aufwinden derselben vermöge ihrer Elasticität hervorgebracht werden. Ein Gewicht kann unmittelbar auf eine Unterlage drücken, aber auch auf einen Gegenstand drückend wirken, wenn es an einem Faden an denselben gebunden ist. So könnte man überhaupt das Gewicht eines Körpers, und die Ursache, wodurch er zu fallen sollicitirt wird, als Folge eines Druckes ansehen, und hiernach eine Menge Kräfte unter dem Namen eines Druckes zusammenfassen. Indefs könnte eine gleiche Bewegung auch durch einen einfachen Stofs der Feder oder eines sonstigen Körpers hervorgebracht werden, wenn dieser auch sogleich nach dem Stofse ruhete. Hiernach soll dann keine Vergleichung zwischen Stofs und Druck statt finden, indem ersterer als unendlich grofs gegen letzteren anzusehen sey. Robison bemerkt gegen diese oft aufgestellte Meinung, dafs niemand einen Unterschied wahrnehmen könne zwischen der Bewegung einer Kugel, wenn diese durch einen Stofs und wenn sie durch ihr Bestreben zu fallen hervorgebracht sey[1]. Man habe daher den Druck blofs als ein *Bestreben zur Bewegung*, ohne wirkliche Ortsveränderung, betrachtet, und die hierbei wirksame Kraft in dieser Hinsicht eine todte genannt. Indefs, sagt Robison, werde durch eine Kugel, wenn sie gegen eine andere auf einer unbeweglichen Unterlage ruhende stöfst, eben so wenig eine Bewegung hervorgebracht, als durch blofsen Druck; und zeigt dann weiter, wie diese Betrachtungen manche Naturforscher vermocht hätten, alle Bewegungen von einem Drucke abzuleiten, und die Kräfte aufzusuchen, welche diese hervorbringen sollen.



Wollen wir uns hierbei nicht in die unendlichen Speculationen über das eigentliche Wesen der Kräfte verirren, so müssen wir bei demjenigen stehen bleiben, was zunächst durch den Sprachgebrauch bestimmt wird. Hiernach ist es allerdings schwer, eine Definition von dem zu geben, was man Druck nennt, obgleich in einzelnen Fällen der Unterschied zwischen Druck und Stofs leicht nachzuweisen ist. Im Allgemeinen kann man *Druck* das *Bestreben eines Körpers nennen*, *Bewegung*

---

1 Ein Unterschied ist hierbei allerdings wahrnehmbar, indem im ersteren Falle die Bewegung stets gleichbleibend, im letzteren beschleunigt seyn mufs.

in einem andern hervorzubringen, ohne Rücksicht dar
derselbe bewegt wird oder nicht, und in bestimmter Be
darauf, dafs *weder seine eigene Bewegung, noch diejenig*
che er dem gedrückten Körper eben so gut mittheilen a
mittheilen kann, dabei in Betrachtung kommt, indem de
als solcher allezeit so gemessen wird, als sey der Körper i
Diese letztere Bestimmung bezeichnet die wesentliche
scheidung vom *Stofse*, bei welchem der stofsende Kö
anders als bewegt gedacht werden kann, und die Bewegu
Bestimmung des Effectes unumgänglich erforderlich ist
könnte hiergegen einwenden, dafs bei der Fortpflanzu
Stofses durch eine Reihe an einander liegender elastischer
jede zwischenliegende als ruhend erscheine, dennoch a
gestofsen und als stofsend betrachtet werden müssen; al
steres ist strenge genommen nicht der Fall, indem jede
Kugeln nothwendig durch einen, ihrem erhaltenen Ei
proportionalen Raum bewegt werden mufs. Nähme n
Kugeln als vollkommen hart an, so würde dieses zwar
len, damit aber zugleich auch der Effect, und die ganz
wäre als ein einziger zusammenhängender Körper anz
durch welchen eben so gut der Stofs als auch der Druc
gepflanzt werden könnte. Endlich ist auch beim *I*
noch zu berücksichtigen, dafs ein gleiches Verhalten stat
zwischen dem drückenden und dem gedrückten Körper,
der letztere mit einer gleichen Kraft dem ersteren en
strebt, als womit er durch jenen afficirt wird [1], wobei d
entstehende Bewegung als die Differenz des Druckes u
Widerstandes angesehen werden kann.

THOMAS YOUNG giebt eine sehr genaue Ansicht diese
wenn er sagt [2], dafs ein grofses Gewicht eine Uhrfeder
auf gleiche Weise zu beugen vermöge, als ein kleines,
von einer gewissen Höhe herabfällt; allein ganz etwas
ist es, eine Feder auf einen gewissen Punct zu beugen, a
dieser Beugung zu erhalten, und beides ist gar nicht ver
bar, indem dieses das Mafs der fortdauernden Reaction

1 Hutton Dict. II. 228.
2 Lectures on Nat. Phil. I. 59.

ist, wenn sie bis auf einen gewissen Punct gebeugt wird, nes aber das Maſs der Summe der Effecte, welche die nämlibe Feder in verschiedenen Graden ihrer Beugung für einen gewissen Zeitraum entgegensetzt. Man kann daher sagen, daſs der *Stoſs* durch die kleinste Masse rücksichtlich des Effectes dem durch die gröſste Masse bewirkten *Drucke* gleichzusetzen sey.

Indeſs hindert uns nichts, zwei (und mehrere) Drucke mit einander zu vergleichen, wenn wir die Anfangsgeschwindigkeiten bestimmen, welche sie bei weggeschafftem unüberwindlichem Hindernisse erzeugen würden, auch läſst sich eine Zusammensetzung der Drucke eben so gut als der Kräfte construiren, indem auch eine durch den Druck entstandene quantitas motus angenommen werden kann, welche entstehen müſste, wenn das widerstehende Hinderniſs weggenommen würde. So werden auch zwei entgegengesetzte Drucke sich einander aufheben, wenn die Gröſsen der Bewegung einander gleich sind, welche sie hervorbringen würden. Auf gleiche Weise lassen sich auch drei, vier, ... n Drucke eben so als drei, vier, ... n Kräfte construiren, welches auch wirklich durch diejenigen *Diagonalmaschinen* geschieht, bei denen ein gegebener Punct durch verschiedene in entgegengesetzter Richtung ausgespannte Fäden vermittelst an denselben hängender Gewichte sollicitirt wird [1].

Wollte man den Druck selbst als das Resultat einer Kraft ansehen, so müſste man auch dasjenige, was demselben Widerstand leistet, mit diesem Namen belegen, wie auch verschiedene Gelehrte gethan haben [2]. Die Beantwortung der Frage, ob dieses geschehen solle oder nicht, ist schwierig, und führt zu verwickelten Untersuchungen. Ohne sich in das Gebiet der Speculationen zu verirren, läſst sich hierüber Folgendes festsetzen. In so fern die bloſse Materie, als solche, nach unserer

1 Vergl. *Bewegung, bewegende Kräfte.* Th. I. p. 933. Sehr ausführlich, und mit Angabe der Versuche verschiedener Gelehrten, welche wie Bernoulli, d'Alembert, La Place u. a. die Gesetze des Druckes unmittelbar auf die Gleichheit der Effecte von gleichen Ursachen zurückzuführen suchten, findet man diesen Gegenstand behandelt in der Encyclop. Brit. Suppl. Art. Dynamics.

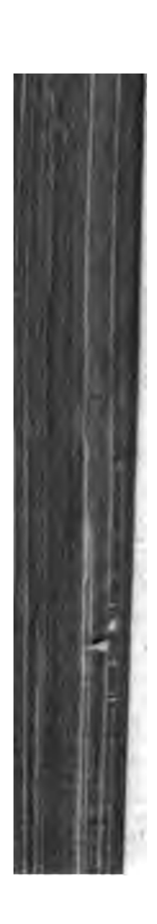
2 Vergl. Fischer Wörterb. I. Art. Druck.

Vorstellung unbewegt und gleichsam todt ist, jede Bewegung jede Wirkung aber erst durch irgend eine Kraft erzeugt werden kann, so ist auch ein Druck als durch die bloſse todte Materie ausgeübt undenkbar, auch zeigt die Erfahrung, daſs derselbe vermittelst irgend einer Kraft, z. B. der Schwere, der Elasticität, der thierischen Muskelkraft u. s. w. hervorgebracht werde. In dem Begriffe einer Kraft liegt aber die Wirksamkeit derselben nothwendig eingeschlossen, in so fern eine unwirksame Wirksamkeit, eine unthätige Thätigkeit, eine contradictio in adjecto ist. Wirklich äuſsern sich auch die drückenden Körper allezeit thätig, sobald sie vorhanden sind. Wollte man dagegen anführen, daſs z. B. die Expansion des Dampfes nicht vorhanden sey ohnerachtet der Anwesenheit des Wassers, woraus er besteht, und daſs die thierischen Muskeln auch ruhen, mithin zu drücken aufhören können, so muſs hiergegen bemerkt werden, daſs Wasser immer noch kein Dampf ist, und bei den thierischen Muskeln die drückende Kraft jederzeit erst durch die Willensthätigkeit erzeugt werden muſs, diesemnach auch mit dem Tode aufhört, ihren Druck als schwere Körper abgerechnet. Auch eine Stahlfeder wird erst dann zu drücken anfangen, wenn derjenigen ihr inwohnenden Kraft entgegengestrebt wird, vermöge welcher die Theile derselben eine einmal angenommene gegenseitige Lage beizubehalten sollicitirt werden. Ganz etwas anderes ist es aber mit dem Widerstande der gedrückten Körper. Wollte man annehmen, daſs sie vermöge einer ihnen eigenen Kraft dem drückenden oder in sie einzudringen strebenden Körper entgegenwirkten, so müſste eben diese in den nicht gedrückten Körpern eine unwirksame, unthätige, ruhende seyn, und allezeit erst beim beginnenden Drucke hervorgerufen werden, was gegen den Begriff einer Kraft streitet. Dasjenige vielmehr, was dem Eindringen der Körper sich entgegensetzt und Widerstand leistet, ist der Zusammenhang ihrer Theilchen unter einander, welcher genügend widersteht oder überwunden wird, wenn die Kraft der Anziehung als Ursache dieses Zusammenhanges, geringer ist als der, ein Zerreiſsen der Theilchen bewirkende Druck. Wie es aber zugehe, daſs die Kraft der Anziehung nicht bloſs diesen Zusammenhang bewirke, sondern auch noch einen Widerstand gegen einen drückenden Körper ausübe, kann hier nicht untersucht werden, und muſs ich des-

wegen auf dasjenige verweisen, was im Artikel *Cohäsion* abgehandelt ist [1]. Flüssige Körper können daher an und für sich, und als einzelne Massen gedacht, eben dieses fehlenden Zusammenhanges ihrer einzelnen Bestandtheilchen wegen, nicht eigentlich gedrückt werden, wenn sie nicht in Gefäſsen eingeschlossen sind, oder als ganze Massen auf der festen Oberfläche der Erde ruhen, als die Luft und das Wasser der Oceane. Man sagt zwar allerdings, daſs Luft und Wasserschichten durch die über ihnen befindlichen Massen gedrückt werden, allein dieses ist mehr ein statisches Schwimmen in denselben, wenn man von den festen Wänden einschlieſsender Gefäſse abstrahirt. Sind aber die drückenden Körper specifisch schwerer, so werden sie in ihnen herabsinken, mithin ist das Verhalten hier ein anderes und erfolgt nach anderen Gesetzen, als der Druck fester Körper.

Die Fortpflanzung des Druckes durch einen festen, flüssigen oder expansibelen Körper ist in ihrem Verhalten so einfach und leicht begreiflich, daſs sie kaum eine besondere Erwähnung verdient, wenn man nicht zugleich eine speculative Untersuchung über die Elementartheilchen der Körper einmischen will. Ist nämlich einmal die Richtung gegeben, in welcher ein Körper den widerstehenden drückt, so werden in eben derselben eigentlich nur die ihn unmittelbar berührenden Theilchen zur Bewegung sollicitirt werden, diese üben einen gleichen Inpuls auf die sie berührenden aus, und so fort auf stets weiter entfernt liegende Theile. Daſs hierbei zugleich alle Theilchen der Körper um einen gewissen, der Stärke des Druckes proportionalen Theil zusammengedrückt und einander mehr genähert werden, in so fern alle Körper ohne Zweifel mehr oder minder compressibel und elastisch sind, verdient nur gelegentlich erwähnt zu werden. Ein wesentlicher Unterschied findet aber in der Hinsicht statt, ob die gedrückten Körper fest oder flüssig sind. Bei festen Körpern nämlich, deren Theilchen von allen Seiten festgehalten werden, und daher für sich unbeweglich sind, wird jedes folgende Theilchen weniger aus seinem Orte gerückt werden, als das nächst vor ihm in der Richtung des

1 Vergl. *Cohäsion*. T. II. p. 114.



Theilchen gleichmäfsig mittheilen, mithin auch
che Weise fortpflanzen, und dieses so weit, bis
Grenzen eines festen Körpers die Wirkungsart
man sich hierbei die Elemente der Flüssigkeite
zu denken habe, wie gemeiniglich geschieht [1],
lichung der Phänomene in der Art, wie die Be
uns zeigen, ganz zweckmäfsig ist, bleibt als re
der Vorstellung eines jeden Einzelnen anheimg
giebt es noch Substanzen, welche rücksichtlich
Bestandtheile, ihrer mefsbaren Partikelchen,
sten Körpern gehören, wie Kugelhaufen, Schrot
Haufen, aufgeschütteter Sand, lockere Erde u.
leichteren Verschiebbarkeit dieser Bestandtheil
der Gefäfse annehmen, worin sie sich befinden,
Art von Flüssigkeit zeigen, weswegen sie auc
genannt werden. Sie können aus diesem Grun
nach der Seite hin ausüben, wenn sie in Gefäf
sen oder in gröfseren Massen aufgehäuft sind,
auch nur unter dieser Bedingung fortpflanzen.
nach welchen Gesetzen sie in einem Gefäfse be
drückt den erhaltenen Druck auch seitwärts fort
ber fehlt es bis jetzt noch an Erfahrungen [2].

Ein ausgeübter Druck rührt her entweder v
oder flüssigen Körper, und im letzteren Falle w

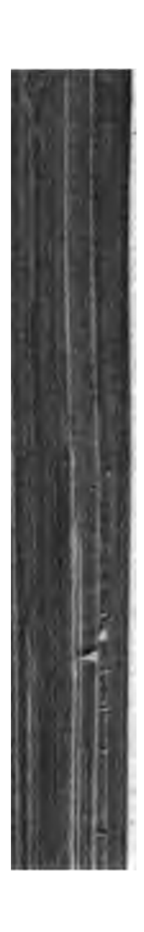
achtet werden kann, der expansibelen aber unter *Aërostatik* nd *Dampf* gröſstentheils schon abgehandelt ist, zum Theil ter *Luft* noch weiter erörtert werden wird. Abstrahirt n bei festen Körpern ferner von demjenigen Drucke, welcher rch thierische Muskelkraft, durch die Elasticität gespannter lern, gewundener Seile und auf ähnliche Weise modificirter stanzen ausgeübt wird, so drücken diese bloſs nach dem hältnisse ihres Gewichtes vermöge ihrer Schwere. Die *öſse des Druckes* ist also der *Gröſse ihres Gewich-* direct proportional, wird durch übliche, in Voraus mehr r minder genau bestimmte Normalgewichtstücke ausgedrückt, l dient alsdann wieder zur Vergleichung desjenigen Druckes, chen expansibele, tropfbar flüssige Körper, gespannte Fe-n, die thierische Muskelkraft und andere dergleichen wirken-Ursachen ausüben, selbst auch zur Bestimmung der Gröſse Stoſses oder der Wirksamkeit bewegter Massen u. s. w. In-ern dieses aber allgemein bekannt ist, würde eine weitere einandersetzung überflüssig seyn [1]. Der Druck fester Kör-wird ferner über diejenige Fläche verbreitet, auf welcher ruhen, und da ihre Theile vermöge ihrer Festigkeit sich nicht men oder über einander hingleiten, so kann ein jeder groſser r kleiner Druck über eine beliebig groſse oder kleine Fläche breitet, und selbst in einem einzelnen Puncte vereinigt seyn, r als in demselben vereinigt angesehen werden. Die *Rich-g des Druckes* endlich fällt mit der Richtung der Schwe-also mit der Fallinie zusammen, und ist somit entweder die gedrückte Ebene normal, oder in einem beliebigen Win-gegen dieselbe geneigt [2], und werden die Gesetze hierüber n Theil bei der Lehre vom Falle der Körper auf der geneigten ne untersucht [3].

---

1 Vergl. Brandes Lehrbuch d. Gesetze d. Gleichgewichts u. d. gang. Leipz. 1817. I. p. 5 ff.

2 S. Euler Nov. Com. Pet. XVIII. 289. Hind. Arch. I. 74. Paoli Mem. di Mat. e fis. della Soc. It. VI. 534. de Lorgna ib. VII. 178. nges ebend. V. 107. d'Alembert Opusc. de Mathém. VIII. 36. am tändigsten J. A. Grunert Statik fester Körper. Halle 1826. 8. p. ff.

3 S. *Ebene, geneigte*. Vergl. *Fall*.



genannten *halbflüssigen*, und daher noch
zeigenden (*semifluid and cohesive substa*
gegen lothrechte oder unter einem gewissen W
Horizont geneigte Flächen ausüben. Das Verh
und der vollkommen flüssigen Körper in diesen
bekannt, es leidet dieses aber keine völlige Anw
che Substanzen, welche genau genommen wede
sig sind, wie trockner Sand, lockere Erde, s
stanzen u. dgl. Es giebt über die hierher geh
zwar eine grofse Menge theils gelehrte theor
chungen, theils praktische Erfahrungen; weil e
Ort nicht ist, den Gegenstand erschöpfend vor
gen einige elementare Betrachtungen über dasj
am wesentlichsten ist, genügen.

Die genannten Körper, welche man imm
nennen kann, insofern zwar ihre einzelnen B
diese aber nicht unter einander verbunden sind
fern von den flüssigen unterscheiden, als sie nic
häsion folgen, sondern der Reibung unterliege
ihre Form nicht beibehalten, weil sie im stre
Masse genommen nicht fest sind, können abe
eigentlich zerfliefsen und hiernach eine horiz
erzeugen, vielmehr werden ihre einzelnen T
oder herabgleiten, und somit eine geneigte Eb

r Erde und trocknem Sande darf angenommen werden, dafs ufgeschüttete Haufen einen Winkel von 30° bis 50° mit dem orizonte bilden; auf dieser Neigung beruhet übrigens hauptächlich die scharfe Berechnung der Stärke des Druckes, wele eben deswegen also nicht statt finden kann, weil jene mit r veränderlichen Beschaffenheit des Materials wechselt.

Es sey indefs in einem verticalen Durchschnitte dargestellt de ein Wall von trockner Erde; aeb der keilförmige Theil, Fig. 182 lcher ohne Unterstützung herabgleiten würde, so dafs die chung eb mit dem Horizonte eine der Beschaffenheit des aterials zukommende Neigung erhielte, so ist der Druck zu stimmen, welchen die Masse aeb gegen die Mauer gaef ausen würde, und die Kraft, womit letztere diesem zur Erhalng des Gleichgewichtes widerstehen müfste. Ist h der Schwernct des Dreiecks, so ziehe man durch diesen die Linie ki allel mit eb. Zieht man hl parallel mit ae, ferner kp threcht auf ae und kl lothrecht auf ki, so drückt hl den threchten Druck des Dreiecks, hk den Druck desselben in r Richtung der geneigten Ebene und pk den gegen die Mauer rmal gerichteten aus. Der lothrechte Druck der herabgleinden Masse, welchen die Linie hl ausdrückt, kann also in die iden conspirirenden Kräfte hk und kl zerlegt, und hieraus pk das Mafs des normal gegen die Mauer gerichteten Druckes funden werden. Es sind aber die Dreiecke eab; hkl; hpk hnlich, mithin da $eb : ea = hl : hk$, so giebt $\frac{ea}{eb}w$ das ewicht an, womit die keilförmige Erdmasse in der Richtung k gegen die Mauer drückt, und sie als gegen den Hebelarm ek rkend umzustofsen strebt, wenn w das Gewicht dieser Erdasse in gegebenen Gewichtstheilen bezeichnet. Heifst aber der Winkel aeb oder der Böschungswinkel $= v$, so ist $\frac{ea}{eb} = \text{Cos.}\,v$; nd $w\,\text{Cos.}\,v$ giebt also das Mafs des Gewichtes an, wodurch ie Mauer nach der Beschaffenheit dieses Winkels gedrückt wird. ist ferner $hk : pk = eb : ab = \frac{ea}{eb}w : \frac{ea \times ab}{eb^2}w$ d. i. r Druck, welcher in der Richtung kp gegen den Hebelarm ek ageübt wird, indem zugleich $ek = \frac{1}{3}ac$ ist. Ferner ist aber

$\frac{ae \times ab}{2}$ der Flächeninhalt des Dreiecks aeb; und wer
das spec. Gew. der Erde oder des Sandes bezeichnet, s
$\frac{ae \times ab}{2}$ p der Ausdruck für das absolute Gewicht,
$\frac{ea \times ab}{eb^2}$ p $\times$ $\frac{ae \times ab}{2} = \frac{ea^2 \times ab^2}{2\,eb^2}$ p ist der Ausd
für das absolute Gewicht, wodurch die Mauer in der Rich
pk gedrückt wird. Indem aber endlich ke $= \frac{1}{3}$ ae ist, so
$\frac{ae^3 \times ab^2}{6\,eb^2}$ p als der Ausdruck der Kraft gefunden, womi
Keil von Erde oder Sand die Mauer vermittelst des Hebe
umzudrücken strebt. Diese Erd- oder Sand-Masse drückt
nicht absolut, sondern von der geneigten Ebene herabglei
Nun ist durch Versuche gefunden, daſs eine Last, auf
Ebene bewegt, $\frac{1}{3}$ ihres Gewichtes als Reibung ausübt,
diesemnach wird die herabgleitende Masse diese Gröſse
Reibung verlieren; mithin ist der angegebene Ausdruck im
hältniſs von 3 : 2 zu vermindern, wonach $\frac{ae^3 \times ab^2}{9\,eb^2}$ p al
Ausdruck derjenigen Kraft gefunden wird, womit der Kei
Sand oder lockerer Erde die Mauer umzudrücken strebt,
zur Herstellung des Gleichgewichtes durch die Stärke de
haltenden Mauer aufgehoben werden muſs. Es ist
$\frac{ab}{be}$ = Sin. aeb. Nennt man daher diesen Winkel = v;
Höhe des Walles ae = h, und setzt diese beiden Gröſ
die eben gefundene Formel, so erhält man $\frac{h^3\ \mathrm{Sin.}^2\ v.\ p}{9}$
den Druck der Erde. Man kann aber endlich als nahe r
annehmen, daſs für Erde und Sand der Winkel v, welch
Seite eines durch Herabgleiten der Theilchen gebildeten Ha
mit der Verticallinie der Mauer macht, im Mittel 45° be
in welchem Falle Sin. ^{2} v $= \frac{1}{2}$ ist, wodurch die eben g
dene Formel $\frac{h^3 p}{18}$ wird.

Um den Widerstand der Mauer zu finden, welchen si
sem Drucke entgegensetzt, nehme man zuerst an, daſ

[..]rchschnitt derselben eine rechtwinkliche Fläche bilde, oder [..]s sie oben gleiche Tiefe habe als unten. Liegt dann in m [..]r Schwerpunct derselben, welcher in der Richtung m n herdrückt, so läſst sich ihre Masse betrachten als ein Gewicht, [..]lches über den Hebelarm f n hinausgedrückt werden soll. [..]r Flächeninhalt des lothrechten Querschnittes der Mauer ist $\times$ g a, oder wenn man die Höhe, wie oben $= h$; die zu [..]chende Tiefe $= x$ setzt, so ist derselbe $= h\,x$. Ist dann das [..]ec. Gew. der Substanzen, woraus sie besteht $= w$; und wird [..]rücksichtigt, daſs das Gewicht derselben über den Hebelarm $= \frac{x}{2}$ hinausgedrückt werden soll; so ist das Moment ihres [..]iderstandes auf gleiche Weise, als dasselbe für den Keil von [..]ckerer Erde und Sand oben gefunden wurde, $= \frac{h\,x^2}{2}\,w$. Sol[..]n beide Momente einander das Gleichgewicht halten, so muſs

$$\frac{h\,x^2}{2}\,w = \frac{h^3 \,\text{Sin.}^2 v}{9}\,p$$

[..]yn; woraus die Tiefe der Mauer

$$x = \frac{h}{3}\left(\frac{2\,p}{w}\right)^{\frac{1}{2}} \text{Sin. } v$$

[..]funden wird. Ist der Winkel $v = 45°$, wie in den meisten Fäl[..] nahe richtig angenommen werden kann, so ist $\text{Sin. } v = \sqrt{\frac{1}{2}}$, [..]d man erhält

$$x = \frac{h}{3}\left(\frac{p}{w}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Es kommt demnach darauf an, den Werth von p und von [..] zu bestimmen. Besteht die Mauer aus gebrannten Ziegelstei[..]n, so kann man das spec. Gew. derselben in genähertem Wer[..]e $= 2$ annehmen, und das spec. Gew. der Erde und des losen [..]ndes wird dann nicht viel geringer, etwa $= 1{,}984$ seyn. [..]mmt man beide gleich groſs an, so wird $\frac{p}{w} = 1$ und der [..]erth für $x = \frac{h}{3}$; d. h. die Mauer muſs den dritten Theil der [..]efe haben, als ihre Höhe beträgt; besteht aber die Mauer aus [..]uchsteinen, im welchem Falle $w = 2{,}5$ gesetzt werden kann,

$= \frac{}{2}$, wenn die Dicke der Mauer am Boden durc

net wird, und der Hebelarm, über welchen
ausgedrückt angenommen werden kann, f n =
Hiernach wird, die vorigen Bezeichnungen beibeh

$$\tfrac{1}{3} h x^2 w = \tfrac{1}{9} h^3 p. \text{Sin.}^2 v.$$

oder $x^2 w = \tfrac{1}{3} h^2 p. \text{Sin.}^2 v.$

woraus $x = h \left(\frac{p}{3 w}\right)^{\frac{1}{2}} \text{Sin. } v;$

und wenn auch hierbei $v = 45^\circ$, also $\text{Sin. } v = \surd$
men wird;

$$x = h \left(\frac{p}{6 w}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Dieses giebt für gebrannte Steine $x = h \surd$
oder nahe $= 0{,}4\,h$, also die Dicke der Mauer a
Zehntheile ihrer Höhe betragend. Für Bruchst
wird $x = h \surd \frac{2}{15} = 0{,}365\,h$ oder nahe genau
Dicke der Mauer am Boden.

Fig. 184. Ist dagegen der lothrechte Durchschnitt der M
pez, und ihre Tiefe oben geringer als unten, n
$=$ a g und unten $=$ e f, so fälle man das Perp
welches mit a e parallel ist, und nehme an, daſs
der beiden hierdurch gegebenen Flächen in den Ri
Linien n und m auf den Boden drücken. Alsdann
Momente ihrer beiden Gewichte, wenn sie über d

ler dem fünften Theile der Höhe gleichseyend angenommen. halten wir also die oben gewählten Bezeichnungen bei, nenn demnach $g\,a = x$, so ist der Hebelarm $f\,m = \frac{2}{3} \times \frac{1}{5}\,h$ $\frac{2}{15}\,h$; der Hebelarm $f\,n$ aber $= \frac{1}{5}\,h + \frac{1}{2}\,x$. Ferner ist der ächeninhalt des Dreiecks, welches durch die lothrechte Linie von der Durchschnittsfläche der Mauer abgeschnitten wird $\frac{gh \times hf}{2}$ also nach der obigen Bezeichnung $= h \times 0{,}1\,h$ $0{,}1\,h^2$; der Inhalt der übrigbleibenden rectangulären Fläche $= h\,x$. Bezieht man die Gewichte derselben auf die Hebelne $f\,m$ und $f\,n$ über welche sie hinausgedrückt werden sollen, erhalten wir für den ersten $= \frac{2}{15}\,h \times \frac{1}{10}\,h^2 = \frac{1}{75}\,h^3$; und r den zweiten $= (\frac{1}{5}\,h + \frac{1}{2}\,x)\,h\,x = \frac{1}{5}\,h^2\,x + \frac{1}{2}\,h\,x^2$. eifst dann, wie oben, das spec. Gew. der Bestandtheile der auer $= w$, so ist $(\frac{1}{2}\,h\,x^2 + \frac{1}{5}\,h^2\,x + \frac{1}{75}\,h^3)\,w$ das durch m Druck der Erde zu überwindende Moment der Mauer, weles also mit $\frac{h^3\,p}{18}$ im Gleichgewichte seyn mufs. Aus der leichung $(\frac{1}{2}\,h\,x^2 + \frac{1}{5}\,h^2\,x + \frac{1}{75}\,h^3)\,w = \frac{h^3}{18}\,p$

ndet man $x = h\sqrt{(\frac{1}{25} + \frac{p}{9\,w})} - \frac{1}{5}\,h$

lso die obere Dicke der Mauer $g\,a = h\sqrt{(\frac{1}{25} + \frac{p}{9\,w})}$. Für brannte Steine wird hiernach $x = 0{,}189\,h$ oder nahe $\frac{1}{5}\,h$; ir Bruchsteine dagegen $x = 0{,}159\,h$ oder nahe $\frac{4}{25}\,h$ gefunden, dafs also in jenem Falle die Mauer oben $\frac{1}{5}$ ihrer Höhe, in esem aber $\frac{4}{25}$ ihrer Höhe zur Dicke haben, in beiden Fälen aber unten um $\frac{1}{5}$ der Höhe dicker seyn mufs als oben [1].

Dafs man hiervon leicht eine Anwendung auf diejenigen älle machen könne, wenn die Zunahme der Dicke der Mauer ach unten eine andere ist, als die hier angenommene, bedarf um einer Erwähnung. Ferner ist hier das Verhältnifs blofs r den Zustand des Gleichgewichtes gefunden, wogegen man nwenden könnte, dafs hiernach die Mauer durch jeden zufällig

1 Hutton Course of Mathematics u. s. w. 6th. edit Lond. 1811 u. 13. III Vol. 8. II. 196. u. III. 258.

hin[illegible]mmenden Umstand umgestürzt werden müfste. Allein die Ma[illegible]n bekommen meistens Strebepfeiler, sie erhalten [illegible]te oder bei hohen Wällen eine Brustwehr, welche hier [illegible] berechnet sind. Endlich ist blofs das Gewicht der M[illegible] in Rechnung genommen, ohne die Festigkeit zu berechnen, welche sie durch den Mörtel erhält. Nach diesem allen s[illegible] gegebenen Formeln für die Anwendung genügend[1].

Druck der Brückenbogen.

[illegible] ähnliches Problem, welches auf die eben angegebene [illegible]e[illegible]chfalls aufgelöset werden kann, ist die Bestimmung [illegible], z. B. ein Brückenbogen, ge[illegible] [illegible]eiler [illegible], und der Dicke eines solchen [illegible]lche erforderlich ist, diesem Widerstand zu leisten. Se[illegible]mnach a b c d der lothrechte Durchschnitt der Hälfte [illegible] solchen Bogens; k der Schwerpunct dieser Fläche[2]; kl [illegible]ndikel aus diesem Puncte auf m a, die Sehne des Bo[illegible] [illegible]an ziehe aus dem [illegible]lpuncte des Kreises o die Linie [illegible]m den Schwerpunct, [illegible]uf diese normal die bis t und p verlängerte Linie t k q p; m[illegible] parallel die Linien l q und g p. Indem nun k l die Richtung bezeichnet, in welcher der halbe Bogen herabdrückt, so läfst sich diese zerlegen in k q und q l, wovon erstere die Richtung normal auf die Fugenlinie r s bezeichnet, in welcher die Steine den Pfeiler umzustofsen das Bestreben haben, letztere aber mit jener Fugenlinie parallel läuft. Erstere drückt verlängert normal auf den Hebelarm g p, welcher als ein Theil des gebrochenen Hebels f g p angesehen werden kann, und vermöge des erhaltenen Druckes den Pfeiler über den Punct g umzustürzen strebt. Es ist also $kq \times gp$ der

---

1 Ueber dieses oft und vielfach behandelte Problem können verglichen werden Couplet in Mém. de Par. 1726. Lambert in Mém. de Berl. 1772. p. 33. Prony in Bulletin de la Soc. Phil. N. 24. Derselbe sur la Poussée des terres. Par. 1802. 4. Brandes Lehrb. d. Gesetze d. Gleichgew. u. d. Bewegung. Leipz. 1817. I. 252. Hutton Dict. II. 229. wo sich eine ausführliche Behandlung dieses Gegenstandes durch Dr. Young befindet, auch Tabellen für den praktischen Gebrauch angehängt sind; u. v. a.

2 Die Bestimmung des Schwerpunctes ist oft der schwierigste Theil dieser Aufgabe. Vergl. *Schwerpunct*.

[A]usdruck der Kraft, womit der halbe Bogen den Pfeiler drückt. [D]as Gewicht des Pfeilers drückt aber in der Richtung der Linie [...] und soll er umgestürzt werden, so muſs sein Gewicht über [de]n Hebelarm $ng = \frac{fg}{2}$ hinübergedrückt werden. Hiernach [er]giebt sich das Moment seiner Stabilität $= df \times fg \times \frac{fg}{2}$ $= \frac{1}{2} df \times fg^2$. Bezeichnet man also den Flächeninhalt des [h]alben Bogens abcd durch a, so ist $\frac{kq \times gp}{kl}$ a der Ausdruck [de]r Kraft, womit derselbe den Pfeiler umzustoſsen strebt, und [w]enn beide Kräfte einander das Gleichgewicht halten sollen, [s]o muſs

$$\frac{kq \times gp}{kl} a = \frac{1}{2} df \times fg^2$$

[se]yn, aus welcher Gleichung fg oder die Dicke des Pfeilers [ge]funden werden kann, vorausgesetzt daſs beide, sowohl der [Br]ückenbogen, als auch der Strebepfeiler aus gleichem Material [ge]bauet sind.

[5]. Die Anwendung dieser Formel wird verschieden je nach [de]r Curve, in welcher die Brücke gewölbt ist. Zur Erläute[ru]ng diene die folgende Berechnung eines der einfachsten Fälle. [E]s sey der Bogen der Wölbung ein Theil eines Kreisbogens, [de]ssen Chorde ma ist; die Spannung des Bogens sey 100 F.; [se]ine Höhe 40 F.; die Dicke oben 6 F; die Höhe des Pfeilers [bi]s an den Tragstein, oder fa sey 20 F.; also seine ganze Höhe [6]6 F. Hiernach ist der Radius des Kreises, wozu der Bogen [w]b gehört, oder $ob = \frac{wb^2 + wa^2}{2wb} = 51{,}25$ F.; der Bogen [w]b selbst aber wird gefunden, wenn man berücksichtigt, daſs [...]n. $ab = aw = 50$ F. für den Halbmesser $ob = 51{,}25$ F. [is]t. Sucht man hiernach auf die bekannte Weise den Inhalt des [ha]lben Kreissegmentes $wba = 1491$ F. und zieht diesen vom [In]halte des Rectangels $adcw = 46 \times 50 = 2300$ ab, so [bl]eibt 809 F. für den Flächeninhalt des lothrechten Durch[sc]hnittes des halben Brückenbogens = a. Vermöge der Bestim[m]ung des Punctes k folgt dann ferner aus Messung $al = 18$ F.; [q]k = 34,6; kv = 42; lv = 24; vw = 8; gk = 19,4;

td = 85,6; und wenn die unbekannte Dicke des Pfeilers [illegible] gesetzt wird; te = 86,6 + x. Man erhält dann [illegible] kl : lv = te : eh; woraus eh nahe genau = 24,7 + [illegible] gefunden wird; also gh = ge — eh = 41,8 — 0,7 x. [illegible] gleichen hat man kv : kl = gh : gp; woraus gp = 84,02 — [illegible] gefunden wird. Setzt man die so bestimmten Gröſsen [illegible] obige Formel, nämlich

$$\frac{1}{2} d f \times x^2 = \frac{kq \times gp}{kl} \cdot a$$

so erhält man 88 x^2 = 15431,47 — 263 x und [illegible] x^2 + 8 x = 467,62 also x oder die Dicke der Mauer = 1[illegible] in einem mindestens sehr genäherten Werthe und mit W[illegible]sung der höheren Decimalstellen bei der Berechnung [1].

Druckpumpe.

Druckwerk, Appressionspumpe; *Antlia* [illegible]*pressoria, antlia elevatoria et compressoria;* P[illegible]pe foulante, pompe aspirante-foulante; *For[illegible] pump, sucking and forcing pump.*

Unter einer Pumpe im Allgemeinen und ohne weitere [illegible]here Bezeichnung versteht man die bekannte gemeine Wa[illegible]pumpe, welche sowohl eine Saugpumpe, als auch eine Dr[illegible]pumpe seyn kann. Unter *Druckpumpe*, *Druckw[illegible]* könnte man jede comprimirende Maschine verstehen, allein [illegible] eingeführten Sprachgebrauche nach bezeichnet man die zum [illegible]sammendrücken der festen Körper, insbesondere der Luft [illegible] auch des Wassers, bestimmten Apparate mit dem Namen *C[illegible]pressionsmaschine*, *Compressionspumpe*, nennt d[illegible]gen Druckwerk oder Druckpumpe nur diejenigen Vorrich[illegible]gen, welche bestimmt sind vorzugsweise das Wasser, [illegible] aber auch jede beliebige Flüssigkeit, durch mechanischen D[illegible] in die Höhe zu fördern. Es giebt deren ferner zwei Arten. [illegible] eine heiſst *Druckpumpe* schlechtweg (*antlia compre[illegible]ria;* pompe foulante; *forcing pump*), und hat die [illegible]richtung, daſs ein unter dem Niveau des Wassers befindli[illegible] Embolus gegen das in das Pumpenrohr eindringende und [illegible]

---

1 S. Hutton Course. II, 199.

-ch ein Ventil abgeschlossene Wasser drückt, wodurch das-
se gezwungen wird, in einem seitwärts angebrachten Rohre
n fortzubewegen oder aufzusteigen; die andere heiſst *Saug-*
l Druckwerk, in den Bergwerken auch *hoher Satz*
ntlia elevatoria et *compressoria;* pompe aspirante-
lante; *sucking and forcing pump*), und unterschei-
sich von jener nur dadurch, daſs der Embolus sich in einer
issen Höhe über dem Spiegel der zu hebenden Flüssigkeit
ndet, durch sein Emporsteigen unter sich einen luftver-
nten Raum bildet, so daſs der äuſsere Luftdruck die Flüs-
keit zwingt in das Saugrohr aufzusteigen, worauf dann die-
se, nachdem sie den Boden des Embolus erreicht hat, durch
im unteren Theile des Saugrohrs befindliches Ventil abge-
nitten, und durch den herabgedrückten Kolben gezwungen
d, gleichfalls in das seitwärts befindliche Rohr auszuwei-
n. Die vollständige Untersuchung beider gehört in die
ktische Mechanik, wird insbesondere zur Hydraulik oder
rodynamik gerechnet, und da kein eigenthümliches, noch
iger aber ein streitiges allgemeines Naturgesetz dabei zu er-
rn ist, so werde ich mich hier begnügen, nur das Wesent-
ste der Sache vorzutragen.

Das Wesen der *Druckpumpe* besteht also darin, daſs
ser, Salzsoole oder eine sonstige Flüssigkeit durch den
ck eines mit keinem Ventile versehenen Embolus in die
getrieben wird. Im Allgemeinen gehören daher zu dersel-
eine Röhre, welche sich mit Wasser füllt, nebst einem
le, wodurch demselben der Rückgang abgeschnitten wird,
nfacher Embolus an einer Stange, welcher auf das Wasser
t, und aus einer seitwärts angebrachten Röhre, in wel-
ie Flüssigkeit durch den Druck gezwungen entweicht, und
ittelst eines zweiten Ventiles gleichfalls gehindert wird,
er zurück zu flieſsen. Die zwei angegebenen Arten haben
h im Allgemeinen folgende Einrichtung. Die eine Art ist,
n sich der Embolus a unter dem Spiegel der zu fördernden
sigkeit befindet, welche demnach beim Aufsteigen dessel-
den Raum unter ihm nach hydrostatischen Gesetzen füllt,
h das Ventil α am Zurücklaufen gehindert wird, und so-
beim Niedergehen des Embolus in die Steigröhre c c entwei-
muſs, in welcher ihr das Ventil β den Rückweg abschnei-

Fig. 186.

det. Es ist klar, dafs eine solche auch im luftleeren gebraucht werden könnte. Wenn dagegen der Embolus nem niedrigsten Stande nicht unter den Spiegel des herabgeht, so hat das Rohr der Druckpumpe noch eine

Fig. 187. gerung O P, in welcher das Wasser durch den Druck mosphärischen Luft hinaufgetrieben wird. Bewegt sic lich der Kolben a aufwärts, so entsteht zwischen ihm u Ventile α ein luftverdünnter Raum, welchen das du Ventil eindringende Wasser ausfüllt, beim Niederge Embolus aber entweicht die dadurch comprimirte Luf das Ventil β, bis nach wiederholten Kolbenzügen di Röhre O P mit Wasser angefüllt ist, und dann die weite kungsart der Pumpe jener ersteren gleicht. Es verst dabei von selbst, dafs das Rohr O P nicht mehr als lothrechter Höhe halten darf, weil sonst der Luftdr Wasser nicht bis unter den Embolus zu heben vermag, ein luftleerer Raum entstehen, und die Röhre O P eine serbarometer gleichen würde; indefs wird man dasselb Ausübung nie von dieser ganzen Höhe verfertigen dürf dem ein absolut luftdichtes Schliefsen der Ventile nicht tet werden darf, aufserdem auch die zu sehr verdün das Ventil β nicht mehr zu öffnen und durch dasselbe weichen im Stande seyn würde. Es läfst sich daher an dafs 20 Par. F. wohl die gröfste lothrechte Höhe se welche dem Rohre O P vom Wasserspiegel an bis zum Stande des Embolus gegeben werden darf, wenn man a sicheren Gang der Pumpe rechnen will. Uebrigens k Rohr O P schräg oder horizontal fortlaufend in gröfs fernung fortgeführt werden, wie dann auch die Zul schläuche der Feuerspritzen die Stelle desselben vertrete ist es nicht nothwendig, obgleich wegen des Schliefs Ventile sicherer, dafs das untere Ventil α sich am Bo Rohres O P oder überhaupt unter Wasser befinde.

Bei der einfachen Förderung des Wassers aus der T dient man sich der Druckpumpen nicht häufig, noch aber der Saug- und Druckpumpen, weil hierbei der gan des Embolus gegen das untere Rohr gerichtet ist, und Stellung desselben durch den zur Bewegung des Kolbe derlichen Mechanismus leichter wankend wird. Auf a

arf aber die Kolbenstange nicht zu lang seyn, weil sie sonst ne unmäfsige Dicke haben müfste, um der unvermeidlichen legung nicht ausgesetzt zu seyn. Am meisten wendet man ie Druckwerke in denjenigen Fällen an, wo es darauf ankommt, Flüssigkeiten durch einen in der Nähe ihres Spiegels it Bequemlichkeit zu erhaltenden Mechanismus zu einer grofsen und oft sehr bedeutenden Höhe zu fördern, z. B. bei Wasrkünsten u. dgl.; um das Wasser in ein Reservoir zu heben, us welchem es in Röhren wieder abfliefst, und hierdurch einen inlänglichen Fall (die erforderliche Fallgeschwindigkeit) erllt, um aus den Ausgufsröhren bis zu der verlangten Höhe zu pringen. Man kann indefs durch eine gehörige Vorrichtung iese vorgängige Förderung in ein höheres Reservoir entbehren, wenn das Wasser mit dem erforderlichen Drucke in horizontaen Röhren stark gedrückt, und hierdurch zum Aufspringen aus n Ausgufsröhren am Ende derselben gezwungen wird, wie es bei einigen Springbrunnen und namentlich bei den Feuspritzen der Fall ist, welche ganz eigentlich zu den gemeinn Druckwerken gehören [1]. Wenn übrigens das Wasser durch n Druckwerk aus nicht zu groſser Tiefe gefördert werden soll, ist die Verbindung eines Saugwerkes mit demselben in so rn vortheilhaft, als man den Niedergang des Kolbens durch n Gewicht befördern, und dieses dann durch ein Gegengeicht balanciren kann, welches wiederum das Heben des Wasrs in dem Saugrohre O P beim Aufsteigen des Embolus berkt. Sollte z. B. das Wasser 40 F. hoch gehoben werden, wäre nur nöthig, dasselbe 20 F. hoch zu drücken und 20 F. ch durch Saugen zu fördern. Indem es ganz gleich ist, ob n eine Wassersäule von einer gegebenen Basis und 20 F. Höanhebt, oder durch das Aufziehen eines Embolus ein Vauum hervorbringt, in welchem eine Wassersäule von gleicher sis und Höhe durch den äufseren Luftdruck emporgehoben wird, die Richtungen der Bewegung des Kolbens aber, wourch das Wasser in die Höhe gedrückt und durch welche es urch Saugen emporgehoben wird, einander entgegengesetzt ind, so hat man bei jeder Bewegung des Embolus nur eine

1 S. *Feuerspritze*.

Wassersäule von 20 F. zu wältigen, beide Bewegunge
sind, rücksichtlich des erforderlichen Kraftaufwandes,
der gleich, und man vermeidet den leeren Rückgang de
bens. Bei einer solchen Pumpe ist es aber erforderlich
der Raum zwischen dem Ventile β und dem Embolus so
als möglich sey, weil sonst vorzüglich bei nicht hohem S
des Embolus die Luftverdünnung in jenem Raume nicht so
wird, als erforderlich ist, um das Wasser zu der verlangte
he empor zu saugen [1].

Die gemeinen Druckpumpen waren schon den Alte
kannt, und es geht aus der Beschreibung beim *Vitruv* [2]
vor, dafs schon Ctesibius 150 Jahre v. Ch. Geb. solche erf
Seitdem sind sie auf mannigfaltige Weise abgeändert, ohne
man bei der Einfachheit ihres Principes im Wesentlichen
der ursprünglichen Einrichtung abweichen konnte. Vorzü
pflegt man zwei oder auch mehrere Druckwerke mit ein
zu verbinden, theils um mehr Wasser zu erhalten, ohn
einzelnen Stiefeln eine unförmliche Weite zu geben, theil
die bewegende Kraft stets gleichmäfsig zu beschäftigen, i
man z. B. bei zwei Druckwerken den einen Embolus aufst
läfst, während der andere niedergeht. Das geförderte W
wird dann in ein gemeinschaftliches Gefäfs vereinigt. Be
grofsen Maschine zu *Marly* z. B. dienen acht Pumpen zur
lung des Reservoirs, und heben in 24 Stunden mehr als 80
Litres Wasser zu einer Höhe von 160 Metres [3]. Man hat in
auch einzelnen Druckpumpen die Einrichtung gegeben,
sie sowohl beim Aufsteigen als auch beim Herabgehen des
bolus das Wasser heben. Hierzu ist erforderlich, dafs die
benstange sich in einer wasserdichten, und wenn die Pumpe
gleich als Saugwerk wirkt, in einer luftdichten Stopfbüchs
bewege. Geht dann der Embolus in die Höhe, so öffnen
die Ventile α, α' während die andern β, β' sich schliefsen,
im Stiefel befindliche Wasser mufs daher in das Rohr m
weichen, und wird in demselben emporgetrieben; wird d

Fig. 188.

---

1 Borgnis Traité complet de Mécanique appliquée aux Arts.
chines hydrauliques. Par. 1819. 4. p. 18 ff.

2 De Archit. L. X. c. XII.

3 Borgnis Théorie de la Mécanique usuelle. Par. 1821. 4. p.

m der Embolus herabgedrückt, so ist das Spiel der Ventile ngekehrt, es öffnen sich β, β', dagegen werden α und α' geblossen, und das Wasser steigt in der Röhre n empor. Beide igröhren vereinigen sich weiter oben in eine gemeinschaftli- Röhre, aus deren oberem Ende das Wasser ohne Unterchung ausströmen würde, wenn nicht im Momente des chselnden Kolbenspiels ein augenblicklicher Stillstand ein-e. Daſs übrigens durch diese Einrichtung der Nutzeffect mehrt werden sollte, ist nicht der Fall; man wird zwar doppelte Menge Wassers in gleicher Zeit zu heben vermögen, mit der einfachen Pumpe, allein hierzu auch einen doppel- Kraftaufwand bedürfen [1].

Bei weitem die meisten Druckpumpen haben einen stehen- Stiefel; indeſs kann man ihnen auch einen liegenden geben, Langsdorf [2] räumt diesen im Allgemeinen den Vorzug ein. Construction derselben ist sehr einfach, wie sich aus der tellung derselben zeigt, wenn man zugleich eine doppelt nde Druckpumpe mit doppelten Saugröhren verbunden mt. Es ist nämlich hierbei gleichfalls a b die Stopfbüchse, n die Kolbenstange sich luftdicht bewegt, die beiden Saug-n sind V und W; die beiden zugehörigen Steigröhren Q und R. In der Lage, welche die Zeichnung vorstellt, r Embolus e das äuſserste Ende seines Hinganges erreicht, nd dessen das Ventil β' geschlossen war, das Wasser aber ngen wurde, durch das geöffnete Ventil α' in dem Steig- R aufzusteigen. Beim demnächst folgenden Rückgange bolus schlieſst sich durch sein eigenes Gewicht sowohl, h durch den Druck des Wassers das offene Ventil α' und öffnen sich dagegen β' und β; durch ersteres wird der stiefel hinter dem Embolus wieder mit Wasser gefüllt, ge Wasser aber, welches vor dem Embolus ist, kann rch das Ventil β in das Steigrohr Q entweichen, und n demselben aufsteigen. Daſs man oberhalb beide Steig-

Fig. 189.

[1] Vergl. Robison System of Mechanical Philosophy. Edinb. 1822. 8. II. 662.

[2] Lehrbuch der Hydraulik mit beständiger Rücksicht auf die Er-g. Altenburg 1794. II Vol. 4. I. 416.

rohre gegen einander krümmen und in eins vereinigen versteht sich von selbst.

Unter den verschiedenen Abänderungen der Druck[illegible] verdient insbesondere diejenige eine nähere Erwähnun[illegible] mittelst deren eine bedeutende Menge Wassers mit einem [illegible]gen Aufwande von Kraft zu einer nicht großsen Höhe [illegible] werden kann [1]. Die vortheilhafte Anwendung dieser M[illegible] beruhet insbesondere darauf, dafs der Embolus sich o[illegible] Reibung bewegt, und man kann dieselbe sowohl au[illegible] einzigen Stiefel bestehend, als aus zwei mit einander ve[illegible]nen construiren, welche letztere Einrichtung noch zwec[illegible]ger, und hier dargestellt ist. Sie besteht aus zwei cylin[illegible] Röhren A B, A′ B′, eine jede mit einer etwas engeren S[illegible]re a b, a′ b′ verbunden, und mit den Ventilen α, β; α', [illegible]sehen. In den ersteren beiden weiten Röhren gehen [illegible]selnd die Cylinder m n; m′ n′ auf und ab, welche g[illegible] gleiche Höhe haben, als die Röhren selbst, und bei il[illegible]wegung nur bis in die Mitte derselben gehoben werd[illegible] Cylinder füllen den inneren Raum der Röhren in so we[illegible] aus, dafs sie nur so viel Spielraum zwischen sich las[illegible] zur freien Bewegung des neben ihnen emporgedrückten [illegible] erforderlich ist. Die Figur zeigt beide Cylinder im Z[illegible] des Gleichgewichts, oder in gleicher Höhe, und gleic[illegible] das Wasser der Stiefel eingetaucht. Wird einer dersel[illegible]dergedrückt, so sinkt er eben so tief, als der ander[illegible] und indem er beim Niedergange das unter ihm befindlich[illegible]ser niederdrückt, und dadurch zwingt, durch das Ve[illegible] der Steigröhre a b aufzusteigen, während demselben d[illegible] Ventil α der Rückgang abgeschnitten ist, so verstattet je[illegible]gegen durch seine Erhebung dem umgebenden Wasse[illegible] das Ventil α' vermöge des hydrostatischen Druckes in de[illegible] ihn verlassenen Raum zu dringen, während dem in de[illegible]röhre a b befindlichen Wasser der Rückgang durch das V[illegible] abgeschlossen wird. Das in beiden Steigröhren gehobe[illegible]ser wird in die gemeinschaftliche Rinne g g vereinigt, u[illegible]

Fig. 190.

---

1 Sie ist, so viel mir bekannt, zuerst beschrieben durch [illegible] in der Encyclop. Brit. Art. Pumps. Waterworks. Vergl. Tho[illegible] Lectures on nat. Phil. Lond. 1807. II Vol. 4. I. 331.

derselben ab. Beide Cylinder, welche durch ihr eigenes
ewicht herabsinken, hängen an Ketten über die Bogentheile
Balanciers p q, welcher wie ein Waagebalken auf den in
nnen ruhenden Schneiden eines Zapfens leicht beweglich ist.
iesem Balanciere selbst, oder besser auf einem Brette, wel-
an den, von dem Balanciere herabgehenden, beweglichen
ngen r, s befestigt ist, geht ein Mann hin und her, oder es
rd zur Vermeidung des lästigen Umkehrens an beiden Seiten
ser Stangen ein Brett befestigt, und beide werden an den En-
n mit einander verbunden, so dafs er auf dem einen hin und
f dem andern zurückgeht, und durch sein Gewicht den einen
linder hebt, den andern niederdrückt. Es verdient hierbei
ch bemerkt zu werden, dafs in dem Augenblicke, wenn der
ensch sich am äufsersten Ende befindet, der niedergedrückte
ylinder durch den hydrostatischen Druck des Wassers am
rksten gehoben, der andere aber durch sein ganzes Gewicht
stärksten herabgezogen wird. Dort ist also der erforderliche
aftaufwand am stärksten, nimmt ab, so wie der Mensch sich
ch der Mitte hin bewegt, und verschwindet, wenn er sich
au in der Mitte befindet, so dafs also das Spiel der Maschine
ts regelmäfsig bleibt. Nach Robison[1] hob ein alter und
wacher, nur 110 ℔ wiegender, zur Ausübung eines grö-
ren Druckes mit 30 ℔ auf das bequemste belasteter Mann
ub. F. oder 580 ℔ Wasser 11,5 F. hoch in einer Minute 10
nden des Tages ohne grofse Ermüdung, ein junger Mann
r, 135 ℔ schwer, gleichfalls mit 30 ℔ Gewicht bequem
stet, 9,25 Kub. F. oder 766 ℔ Wasser zu der nämlichen
he und eine gleiche Zeit arbeitend, welches der gröfste Ef-
t ist, den nach irgend einer Angabe ein Arbeiter geleistet
t. Die Pumpe selbst ist erfunden durch einen gemeinen und
z ungebildeten Mann, aber von ausgezeichneten Anlagen zur
chanik.

Die Kraft, womit in gewönlichen Pumpen der Embolus
dergedrückt werden mufs, die Reibung nicht gerechnet, ist
ch hydrostatischen Gesetzen einer Wassersäule gleich, welche
e Fläche des Kolbens zur Basis und die Länge der Wassera-

---

1 a. a. O. Vergl. System of Mech. Phil. II. 670.

der in der Steigröhre vom Boden des Embolus an bis an das Niveau des gehobenen Wassers zur Höhe hat. Steht dann der Embolus und das untere Ventil unter Wasser, also beim einfachen Druckwerke, so geht von dieser zu bewegenden Last so viel ab, als der Druck des Wassers aufserhalb der Pumpe, die Höhe desselben über dem Boden des Embolus allein in Rechnung genommen, beträgt, oder der Druck ist einer Wassersäule gleich, welche die Fläche des Embolus zur Basis und den Abstand des unteren Wasserspiegels von oberen zur Höhe hat. Wäre z. B. der Flächeninhalt des Embolus = 3 Quadrat-Zolle; die Höhe der gehobenen Wassersäule, auf die eben angegebene Weise gemessen (ohne Rücksicht auf ihre, hierbei bekanntlich nicht in Betrachtung kommende Dicke [1]) = 40 F.; das Gewicht eines Par. Kub. F. Wasser = 70 ℔, so würde die zum Heben erforderliche Kraft ohne Rücksicht auf die Reibung $= \frac{3}{144} \times 70 \times 40 =$ 58,33 . . . ℔ betragen, welches Gewicht dann blofs beim Niedergange des Embolus zu überwinden wäre. Bestände die Pumpe dagegen zugleich aus einem Saugwerke und einem Druckwerke, und wäre die durch Saugen zu hebende Wassersäule an Fläche und Höhe der durch Druck empor zu treibenden gleich, wie dieses rücksichtlich der Fläche nicht füglich anders seyn kann, so würde die angegebene Kraft auf jede der beiden Bewegungen des Kolbens gleichmäfsig vertheilt seyn, widrigenfalls aber, bei ungleichen Höhen der Wassersäulen im geraden Verhältnisse der letzteren stehen. Es ist daher aus dem schon oben angegebenen Grunde vortheilhaft, wenn diese Art Pumpen so eingerichtet werden, dafs sich der Embolus in der Mitte der zu hebenden Wassersäule befindet, wenn man nicht darauf Rücksicht nimmt, dafs beim Herabgehen des Kolbens das Gewicht desselben und seiner Stange zugleich mit herabdrückt, beim Hinaufgehen zugleich mit gehoben werden mufs [2]. Diese Ungleichheit fällt bei den Druckwerken mit horizontalem Stiefel weg, und sie sind daher unter geeigneten Umständen allerdings vortheilhaft. Nach der Erfahrung ergiebt sich ferner, dafs der

1 S. *Hydrostatik.*
2 Borgnis Théorie de la Mécanique usuelle. Par. 1821. 4. p. 220.

tzeffect der besten Pumpen um $\frac{1}{8}$ vermindert wird durch n Verlust an Wasser, welches die Kolben und Ventile vorbeisen, und durch die Reibung; wird aber Wasser vermittelst mpen und durch die Kraft oberschlächtiger Räder gehoben, wird man bei der vollkommensten Einrichtung kaum 0,75 so l Wasser zu einer dem bewegenden Wasser gleichen Höhe dern können, bei Schaufelrädern aber nur 0,25 desselben [1].

Eine Unbequemlichkeit der Druckwerke besteht darin, dafs s Heben der Flüssigkeiten aufhört, und somit zugleich das sfliefsen derselben aus der Ausgufsröhre, während der aufrts gehenden Bewegung des Embolus. Um dieses zu vermeia, pflegt man mehrere Pumpen mit einander zu verbinden, und en Gang so zu reguliren, dafs zu jeder Zeit mindestens *einer* r Kolben mit seiner vollen Kraft gegen das Wasser drückt. s eben dieser Ursache pflegt man auch die Druckwerke so nrichten, wie oben angegeben ist, nämlich dafs der Embos bei jeder seiner Bewegung das Wasser in die Höhe drückt. efs tritt bei einem einzelnen doppelt wirkenden, oder bei i abwechselnd auf und nieder bewegten Kolben doch beim hsel der Bewegung allezeit ein momentaner Stillstand ein. ll man daher auch diesen vermeiden, und ein stets regelmäßes Ausströmen der Flüssigkeit erreichen, so setzt man das igrohr mit einem *Windkessel* (reservoir d'air; *air sel, air barrel*) in Verbindung, wie dieses namentlich den Feuerspritzen und allen denjenigen Druckwerken geaht, durch welche ein anhaltend aufspringender Wasserhl erzeugt werden soll, z. B. bei den Springbrunnen, bei en das Wasser nicht vorher auf eine Höhe gefördert wird, welcher nachher herabfallend es die Fontaine bildet. Die dkessel müssen im Allgemeinen so angebracht seyn, dafs sie n anfangenden Spiele der Pumpe ganz mit Luft gefüllt sind, che durch das comprimirte Wasser nicht herausgetrieben, dern in einen kleineren Raum zusammengeprefst wird. Sie sen daher mit der Steigröhre verbunden und aufwärts getet seyn, so dafs das comprimirte Wasser die in ihnen enttene Luft so viel mehr zusammendrückt, je gröfser die Ge-

1 Borgnis a. a. O. p. 222.

walt des Druckes ist, welcher auf dasselbe wirkt, wodurch der Windkessel selbst zum gröfsten Theile mit Wasser gefüllt wird. Während der Zeit, welche der Embolus dann zum Rückgehen gebraucht, wenn die Maschine nur mit einem einzigen Stiefel versehen ist, oder während des Wechsels der Kolben mehrer Pumpen drückt die Luft nach dem Mariotteschen Gesetze mit einer der erhaltenen Compression direct proportionalen Kraft gegen das Wasser, und wird also die Fortsetzung der Bewegung desselben bewirken, bis der Embolus aufs Neue seinen Druck beginnt. Hieraus ergeben sich indefs folgende Regeln rücksichtlich der Beschaffenheit des Windkessels: 1. derselbe mufs von hinlänglicher Weite seyn, um neben der comprimirten Luft noch eine so grofse Menge Wassers zu fassen, als erforderlich ist, den Ausflufs während der Zeit zu unterhalten, als die Kolben nicht drücken. Hierbei ist zu berücksichtigen, dafs die in einen engeren Raum comprimirte Luft bei ihrer Ausdehnung ihrem vermehrten Volumen proportional an Druckkraft verliert; mithin mufs der Gesammtinhalt des Windkessels so grofs seyn, dafs das Volumen des während des Stillstandes der Kolben in demselben geprefsten Wassers einen nicht zu grofsen aliquoten Theil der Gesammtmasse der comprimirten Luft beträgt. Würde z. B. die comprimirte Luft während des Stillstandes des Kolbens Zeit haben, sich um 0,1 ihres Volumens auszudehnen, so würde sie am Ende dieser Zeit auch 0,1 an Druckkraft verloren haben, und die Sprunghöhe des Wasserstrahles daher nahe um eine gleiche Gröfse vermindert werden. Es könnte in dieser Hinsicht bei einem erforderlichen sehr starken Drucke und verlangter stets möglichst gleicher Höhe des Wasserstrahles, vortheilhaft seyn, über dem Windkessel eine Luftcompressionspumpe anzubringen, und vermittelst derselben das absolute Quantum der Luft im Windkessel zu vermehren, wenn nicht das hierbei erforderliche Ventil das luftdichte Schliefsen des Apparates unsicherer machte. Auf allen Fall würde es am zweckmäfsigsten seyn, wenn man eine solche Vorrichtung gebrauchen wollte, die Mündung der Compressionspumpe seitwärts am Windkessel, etwa bei o oder unterhalb v anzubringen, weil die Ventile weit leichter wasserdicht als luftdicht schliefsen, und es ohne Nachtheil wäre, wenn der Stiefel der Compressionspumpe sich später mit Wasser füllte, vorausgesetzt, dafs

Fig. 191 und 192.

man die Kolbenstange derselben festhalten könnte, um das Heben des Embolus über die zum Einsaugen der Luft bestimmte Oeffnung, und das Auslaufen des eingedrungenen Wassers aus derselben zu vermeiden. Die Vermehrung der Gröfse des Windkessels ist indefs in so fern unbequem, als zugleich 2. derselbe eine bedeutende Stärke haben mufs, um dem starken Drucke des Wassers und der Luft zu widerstehen. Man verfertigt denselben daher in der Regel aus geschlagenem Kupfer, dessen Dicke 0,5 bis 1 und selbst mehrere Linien beträgt, und giebt ihm zur Ausübung eines stärkeren Widerstandes eine gewölbte Form, damit das Metall mehr durch Ueberwindung seiner absoluten Festigkeit zerrissen, als nach überwundener relativer Festigkeit seitwärts gedrückt werde. Um die Elemente der hierbei erforderlichen Berechnung anzugeben, sey der Inhalt eines solchen Windkessels = 0,25 Kub. F. oder 432 Kub. Z.; die erforderliche Höhe des Wasserstrahles sey derjenigen gleich, welche durch den Druck einer Wassersäule von 200 F. lothrechter Höhe hervorgebracht werden würde [1], so ist die Compression der Luft $= \frac{200}{32} = 6{,}25$ fach, oder ihr Druck beträgt 6,25 Atmosphären, und die Verminderung ihres Volumens im Windkessel ist dieser Vermehrung ihrer Elasticität direct proportional. Die comprimirte Luft würde hiernach also nur $\frac{432}{6{,}25} = 69{,}1$ oder nahe 70 Kub. Z. betragen, gegen einen Quadratzoll Fläche mit 100,54 .. ℔ drücken [2], und durch den Ausflufs von 7 Kub. Z. Wasser 0,1 ihrer Druckkraft verlieren. Aus der Bestimmung der absoluten Festigkeit des Kupfers [3] ergiebt sich dann, dafs die Dicke einer Linie dieses Metalles einem solchen Drucke allerdings Widerstand zu leisten vermag, wenn es ohne etwanige Fehlstellen ist.

Der Nutzen der Windkessel zeigt sich indefs auch ohne das Erfordernifs eines anhaltend springenden Wasserstrahls in so fern, als durch denselben das Wasser in seiner einmal angenom-

---

1 Vergl. *Springbrunnen.*
2 Vergl. *Aërostatik.* Th. I. p. 262.
3 Vergl. *Cohäsion.*

menen Bewegung erhalten wird, anstatt dafs sonst nach eingetretenem Stillstande die Trägheit der ganzen, im Steigrohre enthaltenen Wassersäule überwunden werden müfste, welches einen nicht geringen Aufwand von Kraft erfordern würde [1].

Die *Windkessel* können von sehr verschiedener Form, Lage, Gröfse und Beschaffenheit seyn; im Allgemeinen aber giebt es zwei Arten derselben. Die eine Art fafst zugleich die Steigröhre T in sich, welche in derselben so weit herabgeht, dafs sie das Oeffnen des Ventiles β nicht hindert. Letzteres findet bei d an einem durch den Windkessel gezogenen Stabe, oder besser an einem hinter dem Ventile befestigten und gehörig gebogenen Stifte einen Widerstand, welcher es hindert ganz rückwärts zu schlagen, in welchem Falle es sich nicht wieder schliefsen würde. Die untere trompetenförmige Erweiterung des Steigrohres dient dazu, dem einströmenden Wasser einen leichteren Zugang zu verstatten, auch darf das Hindernifs bei d der Mündung des Steigrohrs nicht so sehr genähert seyn, dafs das freie Einströmen dadurch gehindert wird. Das Steigrohr ist entweder oben bei a b festgelöthet, welches in so fern besser ist, als dieses vollkommene Sicherheit gegen das Ausströmen der Luft giebt; oder es ist vermittelst einer Scheibe zwischenliegenden Leders luftdicht eingeschroben, welches den Vortheil gewährt, dafs man dasselbe herausnehmen kann. In beiden Fällen kann man dem Windkessel auch die Einrichtung geben, dafs er sich unten beim Ventile abschrauben läfst, wodurch ein Zerlegen der Maschine und Ausbessern der einzelnen Theile gestattet wird. Die zweite Art der Windkessel wird seitwärts am Steigrohre T angebracht, das Wasser dringt in dasselbe, comprimirt die Luft, und wird durch diese wieder empor gedrückt. Diese Art hat den Vorzug, dafs sie wegen ihrer überall gekrümmten Fläche einen gröfseren Druck aushält, auch nirgend Fugen hat, durch welche ein Theil Luft entweichen könnte; sie ist aber in so fern nachtheiliger, als das Wasser gezwungen wird, sich seitwärts zu bewegen, wodurch ein Theil der bewegenden Kraft verloren wird. Zum Ueberflufs möge noch hinzugesetzt werden, dafs in beiden das Wasser anfänglich bis o p und v v steigt, ehe die

Fig. 191.

Fig. 192.

---

1 Vergl. Robison System of Mech. Phil. II. 657.

mpression der Luft beginnt, dann bis w w zu einer der Luft-
mpression proportionalen Höhe steigt, und beim jedesmaligen
echsel der Bewegung des Kolbens um einen der ausgegosse-
n Wassermenge proportionalen Theil herabsinkt.

Ohngeachtet übrigens der Windkessel bewirkt, daſs der
asserstrahl ununterbrochen ausströmt, so folgt daraus doch
ineswegs, daſs unter übrigens gleichen Bedingungen eine grö-
re Menge Wassers durch ein Druckwerk mit einem Windkes-
l in gleicher Zeit gefördert werde, als durch ein anderes ohne
selben. Vielmehr könnte man aus der Theorie folgern, daſs
se Quantität in beiden Fällen gleich seyn müsse, wenn man
nehmen dürfte, daſs bei einem Druckwerke ohne Windkessel
e abwechselnd gröſseren und geringeren Ausfluſsmengen ein-
der compensiren. Indeſs läſst es sich aus den vorhergehen-
n Betrachtungen erklären, daſs der Erfahrung nach die Druck-
rke durch Anbringung eines Windkessels unter übrigens glei-
en Bedingungen in gleichen Zeiten eine gröſsere Menge Was-
s zu fördern fähig werden[1]

Der Bau der Druckpumpen ist im allgemeinen sehr einfach,
nn aber nach den verschiedenen Bestimmungen derselben auf
fache Weise abgeändert werden. Eine der vorzüglichsten
geln dabei ist, daſs keine der Röhren, auch die Oeffnungen
Ventile nicht, zu enge sind, weil sonst das Wasser hierin
n Nachtheile der bewegenden Kraft eine gröſsere Geschwin-
keit erhalten muſs, als erforderlich ist. Auſserdem ist noch
ün zu sehen, daſs das eigene Gewicht des Embolus und der
nge ohne Beschwerde der bewegenden Kraft bleibe, und wo
glich zur Förderung des Wassers benutzt werde. Nothwen-
ist ferner eine genaue und glatte Bohrung der Röhren, damit
Wasser bei seiner Bewegung kein Hinderniſs finde, insbe-
dere aber der Embolus überall genau anschlieſsen könne und
ht zu viel Reibung erleide. Hauptsächlich ist dabei dann zu
merken, daſs die Emboli gut geliedert sind, und genau pas-
, um ohne übermäſsige Reibung kein Wasser neben sich vor-
zulassen. Man hat der Vorschläge zur Construction der Letz-

[1] James Smith Panorama of Science and Art. 2d ed. Lond. 1823.
Vol. 8. II. 116.



ten, vorher in Fett gesottenen, Scheiben Sohlenle
geschoben, durch die untere Scheibe c c festged:
mittelst versenkter Schrauben γ, δ ... zusamme
endlich der Embolus auf der Drehbank genau abg
wohl vorzüglicher dürften die in England üblich
welche bei einfachen Druckpumpen aus einem
Ende der Kolbenstange gesteckten Stücke Kork
über welches von oben herab eine lederne Ka
wird. Bei den Saug- und Druckpumpen ist di
Fig. 194. pelt. Es ist nämlich a b der etwas hervorsteh
aufwärtsgehenden, $\alpha\beta$ der herabwärtsgehenden
dazwischen liegender metallener Ring; die Füll
können von Leder, Werg oder Korkholz gemach
bei $\alpha\beta$ vorstehende Rand der Kappe gewährt de
selbst bei nicht gedrängtem Gange des Embolus
befindliche Wasser bei seiner Compression ih
treibt, und dadurch sich selbst den Zugang zu
ben dem Embolus versperret, und eben so wird l
des Kolbens der Rand a b sich ausbreiten, der
neben demselben hin versperren, und das Aufs
sers möglich machen [1].

Weil indeſs diese Emboli durch das Wasse
werden und sich abnutzen, Reparaturen aber e
und zuweilen gefährlichen Stillstand der Mas

cht herabsinken. Man vernachlässigt hierbei das wenige Was-
r, welches neben dem Embolus entweicht, wegen des grofsen
orzugs, dafs sie keiner oder mindestens sehr selten einer Re-
ıratur bedürfen [1].

Die Ventile der Druckpumpen bedürfen keine besondere
rwähnung. Die meisten derselben und im Ganzen die brauch-
rsten sind Klappenventile, wie sie die Zeichnungen der Druck-
erke angeben, und bestehen entweder aus einem Stücke Holz
it untergelegtem Leder, oder besser aus einer Scheibe Metall,
elche selbst eben geschliffen auf einem gleichfalls eben ge-
hliffenen Boden aufliegen, in einem Charniere leicht beweglich
nd, und sich so weit wie möglich öffnen, um dem eindringen-
n Wasser den geringsten Widerstand entgegenzusetzen.

Ausführliche Beschreibungen und Abbildungen der man-
erlei Druckwerke findet man bei Leupold [2], Belidor [3] am
hönsten und vollständigsten in den grofsen englischen Ency-
opädien, in den angezeigten Werken von Langsdorf, Borg-
s u. a.

Unter die gröfsten und berühmtesten, aus Druckwerken
ısammengesetzten Maschinen gehört ohne Zweifel die zu Mar-
r, welche Leupold, Belidor und Weidler [4] beschrieben ha-
en. Ludwig XIV. liefs sie erbauen, um die Springbrunnen der
ärten zu Versailles, Marly und Trianon mit Wasser aus der
eine zu versorgen. An ihr haben 1800 Menschen sieben Jahre
ng gearbeitet, 1700000 ℔ Kupfer, eben so viel Blei, zwan-
gmal so viel Eisen und hundertmal so viel Holz darin verbauet,
nd die Kosten überstiegen acht Millionen Livres. Der Bau-
ıeister der Maschine war Rannequin aus Lüttich, welcher dem
linister Colbert von einem Edelmanne daselbst, Namens De
ille vorgeschlagen war, und in gewisser Hinsicht unter des-
n Aufsicht arbeitete, weswegen De Ville von einigen als Er-
nder des Mechanismus genannt wird. Zu ihr gehören 14 unter-
hlächtige Räder, welche das Wasser in einen 500 F. über dem

1 Robison a. a. O. p. 669.

2 Theatrum machin. hydranl. I. 108; II. 110.

3 Architectura hydraulica Liv. III. §. 870.

4 Tract. de machinis hydraulicis toto terrarum orbe maximis, arliensi et Londinensi. Viteb. 1733. 4.

Spiegel des Flusses und 3684 F. entfernt liegenden Behälter heben. Die ganze Strecke dahin ist in drei Absätze getheilt, in welche das Wasser ausgegossen, und aus dem ersten und zweiten durch neue Druckwerke vermittelst Feldgestänge abermals gehoben und dem letzten Reservoire zugeführt wird. Vier Räder treiben die ersten 64 Druckwerke, welche das Wasser in die Behälter des ersten Absatzes fördern, die übrigen 10 Räder treiben 20 Feldgestänge, von denen 7 bis in den kleinsten unteren Behälter gehen, und daselbst durch 49 Druckwerke das Wasser in den kleinsten oberen Behälter des zweiten Absatzes treiben; die übrigen 13 Feldgestänge gehen durch den gröſseren unteren Behälter bis an den gröſseren oberen fort, setzen unten 40 Druckwerke in Bewegung, die das Wasser in den gröſseren oberen Behälter bringen, und oben noch 82, die dasselbe endlich auf den eigentlichen Wasserthurm heben. So weitläuftig übrigens diese Maschine ist, so haben doch die Berechnungen von Dan. Bernoulli [1] und Karsten [2] dargethan, daſs ihre Einrichtung keineswegs die vollkommenste ist, die sie seyn könnte. Die Zeit hat den gröſsten Theil derselben unbrauchbar gemacht.

Bekannt ist ferner ein groſses Druckwerk zu *Chaillot*, dessen kolossaler Stiefel zwei P. F. inneren Durchmesser hat, und worin der Embolus beim Aufsteigen sowohl als auch beim Niedergehen 6 P. F. durchläuft, der Windkessel hat 15 P. F. Höhe und 3 F. Durchmesser [3]. Ein gleichfalls merkwürdiges Druckwerk ist ferner dasjenige, welches die Wasserkünste zu Herrenhausen bei Hannover speiset, und sich insbesondere durch einen sinnreichen Mechanismus auszeichnet, vermittelst dessen die um die Wellen der Räder gelegten Kränze zuerst die Kolbenstangen der Druckpumpen niederdrücken, dann eine Auslösung erhalten, und indem sie frei rückwärts gedrehet werden können, das Aufziehen des Embolus gestatten, bis eine Sperrung sie wieder an der Welle befestigt. Das Wasser wird unmittelbar in Röhren gepreſst, welche in horizontaler Lage unter der

1 Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum commentarii. Argent. 1738. 4. Sect. IX. §. 27. p. 180.

2 Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Th. V. Absch. 23 ff.

3 Borgnis Théorie de Méc. usuelle. p. 221.

rde hinlaufend dasselbe bis zu den Ausgufsröhren der Fontai-
en führen [1].

Die gröfste senkrechte Druckhöhe ist durch diejenigen
ruckpumpen erreicht, welche v. REICHENBACH angelegt hat,
die Soole von Berchtesgaden nach Reichenhall zu leiten.
ei Soolenhebungsmaschinen fördern die gesättigte Soole zu
er gemeinschaftlichen senkrechten Höhe von 1579 altbaier-
he Fufs, also den baierschen Fufs zu 129,38 Par. Lin. gerech-
t, 1418 P. F.; die ganze Röhrenlänge beträgt 101796 B. F.
1461 P. F.), und die eine Hauptsäulenmaschine hebt die Soole
der unglaublichen senkrechten Höhe von 1218 B. F. (1094
F.) welches auf Wasser reducirt 1500 B. F. (1348 P. F.)
tragen würde. Die Stiefel haben $13\frac{3}{4}$ und $11\frac{1}{4}$ Z. inneren
urchmesser [2].

Eine vollständige Abhandlung über die Druckpumpen wür-
noch Untersuchungen erfordern über das Verhältnifs der
aft zur geförderten Wassermenge, die Geschwindigkeit der
wegung des Wassers in den verschiedenen Theilen der Ma-
hine, die erforderliche relative Gröfse dieser letzteren, die
rtheilhafteste Weite und Oeffnung der Ventile u. dgl. m. In-
m aber eine ausführliche Erörterung dieser verschiedenen Auf-
ben hier zu weitläuftig seyn würde, und den gröfseren Wer-
n über die Hydrodynamik überlassen bleiben mufs, so will
nur im Allgemeinen Folgendes bemerken.

Vor allen Dingen ist erforderlich, dafs die Oeffnungen der
tile so weit wie möglich gemacht werden, weil sonst das
urchströmende Wasser eine der Weite umgekehrt propor-
le Geschwindigkeit auf Unkosten der bewegenden Kraft
hmen mufs, und eben diese Regel gilt auch hinsichtlich der
zen Röhrenlänge, durch welche das comprimirte Wasser be-
t wird, in welcher hauptsächlich alle Verengerungen oder
erstand leistende Hervorragungen zu vermeiden sind. Uebri-
s gewinnt die Construction der Druckwerke durch den Wind-
sel, in welchen das Wasser zunächst aus dem Stiefel geprefst
den mufs, dessen Mündung daher nicht zu enge seyn darf,

---

1 Vergl. Poppe Encyclopädie des gesammten Maschinenwesens
I. O.

2 G. LIX. 206.

und indem seine Gröfse es gestattet, dafs die Luft in il allezeit nahe gleich starke Spannung besitze, so wir durch der Druck gegen das Wasser auch eine stets nahe bleibende Gröfse, mithin die Bewegung des Wassers ar gleich schnell seyn, so dafs keine Ueberwindung seine heit nöthig wird.

Die Krümmungen, welche das Wasser auf seinei durchlaufen mufs, sind allerdings ein unvermeidliches nifs seiner Bewegung, und erfordern daher eine Vermehi bewegenden Kraft. Man rechnet nach den Resultaten d suche, dafs durch eine genau rechtwinkliche Biegu Rohres ohne weitere Krümmung oder Rundung die Ge digkeit um $\frac{1}{18}$ vermindert wird, zu dessen Ueberwin erforderliche Druckkraft um $\frac{1}{9}$ vermehrt werden mu letztere wird am bequemsten durch das Gewicht einer säule von einer gegebenen Basis und Höhe (*head of* ausgedrückt. Soll blofs die Trägheit des Wassers über und dasselbe mit einer Geschwindigkeit $= v$ in einer S malsecunde bewegt werden, so ist die hierzu erfor Druckkraft $k = \frac{v^2}{2g}$. Denkt man sich dann ein Wass efgh, aus welchem das Wasser durch die Röhre h fliefst, nennt die Fläche des inneren Querschnittes dies re $= A$; die der Ausflufsöffnung $= B$, so ist die Ge digkeit des Wassers in der letzteren $= v\frac{A}{B}$. Bezeich ferner durch b den Querschnitt des Wasserstrahles, derselbe beim Ausfliefsen aus einer Röhre vom Que $= a$ aus einer Oeffnung $= B$ an derjenigen Stelle hat am meisten zusammengezogen ist, so dafs z. B. beim A aus einer Oeffnung in einem dünnen Bleche $b = 0,6$ so beträgt die Wassersäule, oder die sie ersetzende Dr welche erforderlich ist, um demselben an dieser Stelle wegung $= v$ zu geben, eine Gröfse, welche durch di $\frac{v^2 a^2}{2g\, b^2}$ bezeichnet werden kann. Wenn man aber das

Fig. 195.

1 Vergl. *Hydraulik*.

gegebene, aus der Biegung des Rohrs entstehende Hindernifs zu dem aus der Verengerung des Ventiles entstehenden hinzuaddirt, welches am bequemsten ist, also $c = b\left(1 + \frac{1}{18}\right)$ setzt, so erhält man statt der oben angegebenen Formel nunmehro $\frac{v^2 a^2}{2g c^2}$, welche Gröfse zu der oben gefundenen, wodurch die Trägheit des Wassers überwunden wird, hinzuzuaddiren ist. Die ganze Wassersäule also oder das derselben gleiche Gewicht, wodurch dem Wasser die Geschwindigkeit $= v$ mitgetheilt wird, ist demnach $= \frac{v^2}{2g}\left(\frac{a^2}{c^2} + 1\right)$. Reducirt man alles auf ein gewisses Gewicht in Pfunden $= w$, und die Längenmafse sämmtlich auf Fufse, drückt ferner das Gewicht der zu hebenden Wassersäule in Pfunden durch p aus, so wird die, zur Erzeugung einer Geschwindigkeit $= v$, womit das Wasser unter den gegebenen Bedingungen durch die Oeffnung strömt, erforderliche Kraft oder

$$w = \frac{p a v^2}{2g}\left(\frac{a^2}{c^2} + 1\right).$$

Finden sich mehrere Verengerungen in der Röhre, deren Flächeninhalte $= c'$; c'' . . . . seyn mögen, so würde

$$w = \frac{p a v^2}{2g}\left(\frac{a^2}{c^2} + \frac{a^2}{c'^2} + \frac{a^2}{c''^2} + \ldots + 1\right)$$

werden, woraus die Nothwendigkeit hervorgeht, alle solche Zusammenziehungen und Hindernisse zu vermeiden. Eben dieses findet statt rücksichtlich auf erweiterte Reservoirs, Behälter u. s. w., durch welche das Wasser passiren mufs, ehe es zur Ausflufsöffnung gelangt, und welche sämmtlich der Bewegung nicht vortheilhaft sind. Es ist deswegen gut, diese sowohl, als auch Hervorragungen und Widerstand leistende Theile in den Röhren zu vermeiden, weswegen man auch der einen Art der oben beschriebenen Windkessel an ihrer Mündung die trompetenförmige Erweiterung giebt; noch vortheilhafter in dieser Hinsicht ist es aber, wenn das Steigrohr sich im Windkessel selbst befindet, und zur leichtern Aufnahme des Wassers gleichfalls unten trompetenförmig aufgebogen ist [1]. *M.*

---

1 Robison a. a. O. Vergl. Brandes Lehrb. d. Gesetze d. Gleichg.



nous bodies), die wie die Sonne oder eine b
oder glühende Kohle selbst Licht ausstrahlen.
dunkeln Körper können gleichwohl *erleuchtet*
die von leuchtenden Körpern ausgehenden Lichtst
fen, und sie erscheinen dann selbst als leuchte
zurückgeworfenen Lichtes. Ihre Fähigkeit, das
Licht zurückzuwerfen, ist sehr verschieden, i
ihrer sehr glatt polirten Oberfläche den Licht
Spiegel, nur nach einer einzigen Richtung reflec
durch dem in der richtig gewählten Stellung
ein Bild des leuchtenden Gegenstandes zeigen,
an ihrer rauhen Oberfläche das Licht zerstreuen
Richtungen hin zurückwerfen. Die ersteren ers
allen übrigen Puncten *dunkel* und nur da *erle*
das Bild eines leuchtenden oder erleuchteten G
ihnen sehen. Die andern erscheinen uns an ihre
fläche *erleuchtet* (*corpora illuminata*) und ze

---

u. d. Bewegung u. s. w. II. 292. p. 699. Sehr ausfüh
schreibung sowohl als auch hauptsächlich in den Form
a. a. O. Aufser der angegebenen Literatur können
werden Pitot in Mém. de l'Ac. 1735. p. 327. 1739. p. 3
Polley Theatrum machin. Amst. 1737. Gensanne in Mé
p. 163. L. Euler in Mém. de Berlin. 1752. p. 149 u.

on weiſsem Sonnenlichte beschienen, entweder weiſs oder far-
ig; aber selbst die, welche sich weiſs zeigen und also alle Ar-
n der Lichtstrahlen sehr nahe in denselben Verhältniſs, wie
e im Sonnenlichte gemischt sind, zurückstrahlen, werfen
nnoch nicht *alle* Strahlen zurück, sondern zeigen sich uns
einem verschiedenen Grade von *Weiſse* (*albedo;* blan-
eur; *whiteneſs*); nach Lambert's Untersuchungen[1] wirft
bst das weiſseste Papier nur $\frac{2}{5}$ des empfangenen Lichtes zu-
ck, und andere weiſse Körper, deren Ansehn, wenn sie viel
niger Licht zurückwerfen, ins Graue fällt, geben noch we-
er Licht zurück[2]. Die weiſsen Körper zeigen uns eine an-
e Farbe, wenn sie bloſs mit einfarbigem Lichte erleuchtet
rden, und zeigen da jede zur Erleuchtung angewandte Farbe
mlich gleich gut. Die farbigen Körper haben dagegen die
nschaft (deren näheren Grund wir nicht anzugeben wissen),
ß sie gewisse Farben vorzugsweise zurückwerfen und sich
her so gefärbt zeigen. Ganz fehlen bei ihnen auch die weiſsen
er unzerlegten Lichtstrahlen unter den von ihnen zurückge-
rfnen nicht, wie die Betrachtung durch das Prisma zeigt, und
m deshalb sehen wir den sonst blau erscheinenden Körper
h, wenn er bloſs von rothem Lichte erleuchtet wird. u. s. w.
ne andre Verschiedenheit bieten die an sich dunkeln Körper
, indem einige durchsichtig sind, andre kein Licht durch-
sen; aber auch jene schwächen wenigstens das durchgehende
ht[3].

Die an sich dunkeln Körper werden *selbstleuchtend*
rch starke Erhitzung beim Glühen, manche durch eine an-
ende Fäulniſs, manche selbst dadurch, daſs sie lange dem
hte ausgesetzt gewesen sind. Hierüber hat Heinrich[4] zahl-
che Versuche angestellt. *B.*

1 Photometria s. de mensura et gradibus luminis. §. 749.

2 Wie man dieses bestimmt s. im Art. *Erleuchtung.*

3 Vergl. d. Art. *Durchsichtigkeit und Farben der Körper.*

4 Pl. Heinrich die Phosphorescenz der Körper nach allen Umstän-
n betrachtet.

Dunst.

Was man eigentlich unter *Dunst* zu verstehen h
schon oben[1] angegeben. Sowohl in der deutschen a
noch mehr in den übrigen Sprachen ist *Dunst* und *I*
fast gleichbedeutend, und wird beides durch *vapor*; v
vapour ausgedrückt, noch mehr aber identisch in ih
deutung sind die Ausdrücke *verdampfen* und *verdu*
Indefs unterscheidet man schon im Englischen *vapo*
steam, indem das erstere eine allgemeinere Bedeutu
das letztere dagegen eigentlicher transparenten Dampf b
net, im Deutschen aber kann man immerhin den Sp
brauch in soweit genügend festgesetzt annehmen, dafs *L*
eine *völlig expandirte, äufserlich Gasform zeigende F*
keit, *Dunst* dagegen die *nicht völlig expandirte* und
durchsichtige bezeichnet[2]. Ein solcher Dunst, nam
von Wasser, Weingeist und manchen andern Flüssig
zeigt sich über ihnen beim Sieden oder bei hoher Tem
derselben, insbesondere wenn grofse Quantitäten erhitz
den, und die äufsere umgebende Luft schon mit Damp
füllt ist, folglich den neu entstandenen nicht schnell aufn
kann, als über Brauhäusern u. dgl. m. Bei allen Flüssi
dieser Art ist der festgesetzte Unterschied zwischen Dam
Dunst leicht bemerkbar, namentlich beim Wasser, wen
den in feuchter Luft schwebenden *Dampf*, oder den unte
exantlirten Campane befindlichen, worunter zugleich e
fäfs mit Wasser steht, mit dem über einer grofsen Siede
schwebenden *Dunste* vergleicht. Ob auch aus andern Kö
namentlich den Metallen, eigentlicher Dampf gebildet wi
beim Quecksilber erwiesen[3], von welchem in starker
auch Dunst aufsteigt; von den meisten andern Metalle
aber weit weniger durch Versuche mit Bestimmtheit z
scheiden. Ausgemacht ist, dafs manche Metalle einen (
verbreiten, welcher nicht füglich etwas anderem, als

---

1 S. *Dampf*. Th. II. S. 279.

2 Die umgekehrten Bedeutungen der Ausdrücke nimmt E. scher in Schutz. S. Theorie und Kritik der Verdunstungslehre 1810. 8. p. 7. Anm.; aber gewifs mit Unrecht.

3 S. *Verdampfung*.

rdampften Partikeln derselben beizumessen ist, auch schaden
nche Verarbeitungen der Metalle unleugbar der Gesundheit
rch die unsichtbaren verflüchtigten Partikelchen. In der Re-
l aber bilden die verflüchtigten Metalle ganz eigentlichen sicht-
en Rauch, also der angenommenen Bedeutung nach *Dunst*,
B. Gold und Silber nahe beim Brennpuncte grofser Brenn-
egel[1], die weniger strengflüssigen schon in starkem Glüh-
er, alle aber im Gasgebläse oder durch die Wirkung heftiger
ktrischer Flaschenschläge. Rücksichtlich der letzteren Er-
einungen bemerkt man, dafs der Rauch, welcher in diesem
le sehr dicht von den zerstörten Metalldrähten aufsteigt, ganz
h der Art des Wasserdunstes sich weiter ausbreitet und dann
ichtbar wird. Ob dieses eine Folge der weiteren Ausbreitung
l damit verbundenen gröfseren Entfernung der einzelnen Par-
eln von einander ist, oder ob ein wirklicher Uebergang in
mpf, wie bei tropfbaren Flüssigkeiten, hierbei statt findet,
ge ich der öfteren Beobachtung dieses interessanten Phäno-
ns ungeachtet nicht mit Gewifsheit zu entscheiden, jedoch
eint mir das Letztere wahrscheinlicher. Inzwischen ist uns
s Verhalten und die eigentliche Beschaffenheit aller übrigen
mpfe und Dünste, aufser denjenigen, welche aus tropfbaren
ssigkeiten, insbesondere dem Wasser gebildet werden, so
nig bekannt, dafs wir von einer sicheren Entscheidung jener
ge noch sehr weit entfernt sind. Zum Wasserdunste ist
r, aufser dem genannten, ferner noch zu rechnen der Nebel
l der mitunter nebelartig sich verdichtende Thau, und die
standtheile der Wolken, welche in gehöriger Nähe dem Ne-
 sehr ähnlich sind.

Um dasjenige, was zur Erläuterung des vorliegenden Ge-
nstandes gehört, nicht weiter auszudehnen, als wozu die
gesetzte Bedeutung des Wortes zunächst berechtigt, mufs
vor bemerkt werden, dafs dasjenige, was über die Dämpfe
rch die bisherigen Untersuchungen bekannt geworden ist,
h schon im Artikel *Dampf* in möglichster Vollständigkeit
rtert findet, die Dampf- und Dunstbildung aber, oder die
setze, die Bedingungen und die verschiedenen Theorieen des
tstehens von Dampf und Dunst bei verschiedenen Temperatu-

1 Homberg in Mém. de Par. 1702. Geoffroy ebend. 1709.

ren, wird im Artikel *Verdampfung* abgehandelt werden, die Bildung und Beschaffenheit des *Nebels* und der *Wolken*, so wie das Schweben beider in der Atmosphäre läfst sich am zweckmäfsigsten mit den Untersuchungen dieser Gegenstände verbinden, und so bleibt also nichts weiter übrig, als die individuelle Beschaffenheit des Dunstes an sich hier etwas näher zu prüfen.

Die *Dünste* sind, eben wie die *Dämpfe*, eine *Verbindung tropfbarer Flüssigkeiten mit Wärme, dem Wärmestoffe.* Nachdem man lange Zeit vorher die Bildung derselben einer Verwandlung namentlich des Wassers in Luft oder mindestens einer Auflösung jenes in dieser beigemessen hatte, war DE LUC [1] der erste, welcher beide sowohl Dämpfe als auch Dünste für eine einfache Verbindung von Wasser und Wärme, oder vielmehr eine Auflösung des ersteren in letzterer ansah. Eine hauptsächliche Schwierigkeit bei der Erklärung des Verhaltens dieser beiden Substanzen fand man jederzeit in dem *Aufsteigen* derselben in der Luft, weil man ohne genauere Berechnung nur im Allgemeinen den grofsen Unterschied des specif. Gew. von Wasser und Luft berücksichtigte. Indefs schon DESAGULIERS [2] nahm an, der Dampf sey nach BEIGTON's und seinen eigenen Versuchen 14000 mal, nach NIEUWETYT 13336 mal dünner als Wasser, wenn derselbe vermittelst einer Aeolipile gebildet würde, der durch Verdunstung in der Sommerhitze entstandene sollte daher 2058 mal dünner als Wasser seyn, und er mufste somit vermöge seines geringeren Gewichtes in der Luft schweben. Solche Ansichten herrschten ziemlich allgemein, standen indefs in einem nicht klar gedachten, aber nichts destoweniger fühlbaren Widerspruche mit der grofsen Menge des Wassers, welches oft aus der Atmosphäre herabstürzt, weswegen auch DESAGULIERS selbst einige Jahre später [3] die Wasserpartikeln durch elektrische Anziehung in der Luft getragen werden liefs, eine Ansicht, welche verschiedene andere

1 Recherch. sur les modif. de l'Atm. I. §. 675.
2 Phil. Trans. XXXVI. 6.
3 Phil. Trans. XLII. 140.

hysiker, z. B. Eles [1], Eason [2], Monge [3], Lichtenberg [4] u. a. mit oder ohne gleichzeitige Annahme hohler Bläschen mehr der weniger deutlich aussprachen. Rücksichtlich auf den asserdampf ist diese Frage gegenwärtig nicht mehr streitig. estheils ist es nämlich ausgemacht, daſs derselbe, mindens bis zur Siedehitze und noch darüber, um so viel mehr so bei mittleren und niederen Temperaturen specifisch leichter t, als die atmosphärische Luft, und somit also in derselben tisch aufsteigen muſs, bis in höheren Regionen das Gleichwicht wieder hergestellt ist; anderntheils bildet derselbe für h eine Atmosphäre, und wenn gleich Dalton's Theorie von m Fürsichbestehen der verschiedenen Atmosphären unhaltbar [5], so müſste doch die Dampfatmosphäre als solche, auch nn sie specifisch schwerer als die Luftatmosphäre wäre, eben e die wirklich schwerere Kohlensäure-Atmosphäre und erstoffgas-Atmosphäre sich über der Erdoberfläche ausbrein, und sowohl dieser ihrer individuellen Beschaffenheit als pansibeln Flüssigkeit nach, als auch vermöge der Gesetze der ision in der atmosphärischen Luft schweben, ohne wie das ht expandirte Wasser herabzusinken. Diese Betrachtung lt den eigentlichen Gesichtspunct fest, welcher zur genaun Würdigung der Sache nicht übersehen werden darf. Newn [6] hat daher vollkommen Recht, die trockne Luft für schwer, als die mit Dampf erfüllte auszugeben, worin ihm Gehr [7] mit Unrecht widerspricht, auch ist dieser physikalische rsatz seit Saussüre's gehaltreichen Untersuchungen [8], der teren nicht zu gedenken, hinlänglich begründet. Allein diegilt bloſs vom *Dampfe*, und man darf nicht übersehen, daſs schen Dampf und Dunst ein bedeutender Unterschied statt det.

1 Phil. Trans. 1755. p. 124.
2 Manch. Mém. I. 395.
3 Mém. de l'Acad. 1787.
4 Erxleben Naturl. p. 374.
5 Vergl. Th. I. p. 488.
6 Traité d'Optique, traduit par Coste. Amst. 1720. T. I. L. III. 81.
7 Wörterb. I. 625.
8 Essay sur l'Hygrometrie Ess. II. §. 108.

Der *Dunst*, obwohl gleichfalls eine *Verbindung der gegebenen Flüssigkeit mit dem Wärmestoffe*, ist ohne Widerrede dichter als Dampf, und kann nicht für vollkommen expandirt angesehen werden; seine Entstehung aber ist allerdings merkwürdig und wahrscheinlich blofs auf folgende Weise erklärlich. Nach den Untersuchungen über die latente Wärme des Wasserdampfes [1] ist es nicht wohl zu bezweifeln, dafs die Summe der sensibelen und latenten Wärme desselben eine constante Gröfse sey, und 640° C. betrage. Wird daher Wasser in einem ganz oder zum Theil offenen Gefäfse einer starken Hitze ausgesetzt, so entsteht *Dampf* durch die Verbindung der zugeführten Wärme mit dieser Flüssigkeit, erhebt sich über die Oberfläche des Wassers, und steigt als völlig expandirte Flüssigkeit in die Höhe. Mit demselben zugleich sich erhebend erscheint der *Dunst* bis zu einer der Oberfläche des Gefäfses proportionalen, durch Einschliefsung des Raumes, freien Luftzug und sonstige Bedingungen modificirten Höhe, welcher entweder durch den Dampf mechanisch fortgerissen, oder in den von jenen eröffneten Räumen aufgestiegen, oder aus einer sonstigen Ursache gleichzeitig mit und aus demselben gebildet seyn kann. Welche von diesen angegebenen Ursachen der Bildung des Dunstes zum Grunde liegen mag, ob eine oder mehrere der genannten oder noch andere unbekannte, dieses scheint auf den ersten Blick zwar schwer zu entscheiden, höchst wahrscheinlich aber, oder vielmehr zuverlässig, entsteht derselbe *aus dem Dampfe selbst*. Hierfür sprechen zwei triftige Gründe. Zuerst ist es eine bekannte Erfahrung, dafs das Abdampfen groſser Massen von Flüssigkeit, z. B. bei den Salzpfannen, weit rascher von Statten geht, wenn die Pfannen überall mit Brettern umgeben sind, und blofs oben Zuglöcher haben, damit die von Aufsen zuströmende kalte Luft den Dampf nicht zu stark abkühlt und in zum Theil zurückfallenden Dunst verwandelt; zweitens aber entsteht durch Abkühlung des in der Atmosphäre reichlich vorhandenen völlig expandirten Wasserdampfes der oft sehr dicke Dunst, welcher sich als Nebel und Wolken zeigt. Nimmt man hinzu, dafs der Dampf über siedenden Flüssigkei-

1 Vergl. *Dampf, latente Wärme desselben.* Th. II. S. 293.

allezeit um so viel mehr mit Dunst vermischt, und daher viel dichter erscheint, je kälter die umgebende Luft ist, dafs gegen der durchsichtige und völlig expandirte Wasserdampf langen erhitzten Röhren ohne Beimischung von Dunst belie- hoch oder weit fortgeführt werden kann, sich aber sogleich Dunst zeigt, wenn er in eine kältere Umgebung eintritt, so rd es hiernach im hohen Grade wahrscheinlich, dafs der mst nichts anderes als durch Abkühlung niedergeschlagener mpf sey, obgleich diese Ansicht eines vollständig strengen weises ermangelt.

Gehen wir von dieser Hypothese aus, berücksichtigen wir ner, dafs der *Dunst* dafs Licht mehr zurückwirft, weniger rchläfst und anders bricht als *Dampf*, so müssen wir anneh- en, dafs er zugleich auch dichter sey, wenn gleich die eigent- he Dichtigkeit desselben nicht genau bekannt ist, und auch egen ihrer, keinen bestimmten Gesetzen folgenden, Verän- rlichkeit nicht füglich scharf bestimmt werden kann. Wirk- h besteht auch der Dunst aus sehr feinen wässerigen, ein ntes Farbenspiel zeigenden Partikelchen, welche man unter dern mit blofsen Augen wahrnimmt, wenn man des Abends er des Nachts bei starkem Nebel in einem Zimmer befindlich n brennendes Kerzenlicht aus dem geöffneten Fenster hält, d hierdurch diese Partikelchen stark beleuchtet, oder bei nlänglichem Lichte den Dunst auf der Oberfläche eines sie- nden Gefäfses mit Wasser entweder mit unbewaffnetem Auge er durch eine Loupe betrachtet. Die wirkliche Existenz sol- er feiner wäfsriger Partikelchen als Bestandtheile des Dun- ist somit durch den Augenschein erwiesen, auch ist die Er- lärung des Entstehens derselben keineswegs mit unüberwind- chen Schwierigkeiten verbunden. Nach der wohlbegründeten heorie über die latente Wärme des Dampfes ist zwar ausge- acht, dafs die sensibele Wärme desselben in höheren Tempe- aturen gerade hinreicht, um diejenige latente Wärme herzuge- en, welche derselbe zum Uebergange in den Zustand geringe- er Dichtigkeit und gröfserer Expansion bedarf, und es scheint iernach, als ob beim Aufsteigen des heifseren Dampfes aus der n bildenden Flüssigkeit kein Dunst entstehen könnte, indem ie zu seiner weiteren Expansion erforderliche Wärme ihn als ensibele Wärme jederzeit begleitet; wenn man aber berück-

sichtigt, dafs ein Theil dieser letzteren an die äufseren Umgebungen abgegeben wird, und es nach Art aller Auflösungen und Verbindungen einer gewissen Zeit bedarf, bis dieselben erfolgen und vollständig werden, so ist es nichts weniger als unerklärlich, dafs der heifse Dampf im Momente seines Aufsteigens aus der Flüssigkeit einen Theil seiner sensibelen Wärme verliert, und partiell in Dunst verwandelt wird. Ist dann die Entziehung dieser sensibelen Wärme bleibend, z. B. durch einen beständigen Zuflufs kalter Luft, so wird ein Theil des Dunstes fortwährend in die Flüssigkeit zurücksinken, woraus die Entstehung des Nebels über den Flüssen und der gröfsere Verbrauch von Brennmaterial bei den nicht mit Brettern umgebenen Salzpfannen erklärlich wird; ist aber die Entziehung nicht beständig fortdauernd oder gar nicht vorhanden, z. B. wenn man eine Flüssigkeit unter einer exantlirten Campane verdampfen läfst [1], so findet eine geringere oder gar keine Bildung von Dunst statt, indem die sensibele Wärme zur stärkeren Expansion des aufsteigenden Dampfes verwandt wird. Ob aber diese feinen, nicht expandirten und nicht eigentlich Dampfform habenden Partikelchen, welche die Bestandtheile des reinen oder mit Dampf vermischten Dunstes ausmachen, aus dichten oder hohlen Wasserkügelchen bestehen, womit sie im letzteren Falle erfüllt seyn mögen, und wie sich das Schweben derselben in der Luft erklären lasse, diese Fragen haben die Physiker seit langen Zeiten vorzüglich beschäftigt, und es ist der Gegenstand der folgenden Untersuchung, was hierüber als anerkannte Wahrheit oder mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen sey.

Nach de Luc [2] besteht der Unterschied zwischen Dampf und Dunst darin, dafs jener aus feineren, dieser aus gröberen Wasserpartikeln gebildet ist. Wenn nämlich der Unterschied der Temperatur zwischen der umgebenden Luft und der Flüs-

---

1 Nur unter günstigen Umständen, namentlich bei hoher äufserer Temperatur läfst sich auf die angezeigte Weise selbst ein Sieden ohne Erzeugung von Dunst hervorbringen. Wenn man indefs Wasser in einem Medicinglase anhaltend sieden läfst, dann schnell verkorkt und umkehrt, so findet darin bei hoher Temperatur, eben wie im Wasserhammer ein eigentliches Sieden ohne Dunstbildung statt.

2 a. a. O. §. 707.

igkeit sehr grofs ist, so soll der Wärmestoff bei seinem Durch-
trömen durch das Wasser gröfsere Quantitäten desselben in die
Höhe führen, ohne sich innig damit verbunden zu haben, so
dafs sie also sichtbar bleiben; wenn aber der Unterschied ge-
ringer ist, so sollen nur kleinere und innig mit dem Wärme-
stoffe verbundene Theilchen aufsteigen, und als unsichtbarer
Dampf sich mit der Luft verbinden. Dafs diese Hypothese eben
so wenig haltbar sey, als GEHLER's Erklärung, welcher den
Unterschied in eine mehr oder minder vollständige Auflösung
des Wassers in der Luft setzt, bedarf keiner ausführlichen Er-
klärung.

Eine der ältesten, von vielen Naturforschern angenomme-
nen, von andern dagegen oft und lebhaft bestrittene Meinung ist
die, dafs die sichtbaren Partikeln des Wasserdunstes aus einer
dünnen wäfserigen Hülle bestehen, in welcher verdünnte Luft
oder eine andere sehr feine und leichte Flüssigkeit eingeschlos-
sen seyn soll. Schon HALLEY[1] sucht aus der Annahme solcher
Bläschen die Erscheinungen der Verdunstung zu erklären,
SAUVIN[2] nahm sie gleichfalls an und LEIBNITZ[3] berechnete
die Dicke der Häutchen, welche mit zehnmal dünnerer Luft,
als die atmosphärische ist, erfüllt sich schwebend erhalten
können. Nach MUSSCHENBROEK[4] ist das Feuer selbst, oder
in Sinne nach gleichfalls eine tausendmal dünnere Substanz
als das Wasser das in den zarten Häuten eingeschlossene Flui-
dum, oder sie sind ganz leer, in welchem Falle aber die Luft
sie zusammendrücken müfste. Hiernach scheint ihm also die
Annahme der Bläschen sehr hypothetisch, und er ist mehr ge-
neigt mit CARTESIUS eine drehende Bewegung der Wassertheil-
chen oder die Elektricität zur Erklärung des Phänomens zu
Hülfe zu nehmen. Ungleich mehr verwirrt sich DESAGULIERS[5]
in unklaren Begriffen, indem er die Bildung der Dunstkügel-
chen dem Feuer (ignis mas), das Emporsteigen derselben der

1 Phil. Trans. XVI. 368. XVIII. 183.
2 Miscellania Berolin. I. 120.
3 Ebend. I. 123. Opp. II. II. 82.
4 Introd. II. §. 2297.
5 Phil. Trans. 1742. XLII. 140. Course of Experim. Phil. II.
Lect. 10.

Luftelektricität (ignis femina) beimifst, und noch obendrein das Centralfeuer, Gährungen in der Erde und Winde einmischt. Nach L. Euler[1] dagegen besteht der Dampf sowohl als auch der Dunst, und ohne einen Unterschied beider zu berücksichtigen, aus Bläschen, deren wäfsrige Hülle mit einem, in steter Bewegung befindlichen Aether erfüllt seyn soll, woraus dann die Leichtigkeit derselben erklärlich werde. Eine Preisaufgabe der Akademie der Wissenschaften zu Bordeaux veranlafste zwei Schriften über diesen Gegenstand, die eine von Kratzenstein[2], die andere von Hamberger[3]. Ersterer hielt den Dampf überhaupt und noch mehr die Dünste für kleine Bläschen, welche durch die Leichtigkeit der eingeschlossenen Feuermaterie aufsteigen sollten, Letzterer dagegen setzt den Unterschied zwischen Dampf und Dunst blofs in die gröfsere und geringere Feinheit, und erklärt das Aufsteigen derselben sehr künstlich dadurch, dafs bei der Bildung beider das Feuer den Wasserpartikeln anhängt, sie zugleich aber der Adhäsion der Luft folgen; und da die letztere stärker ist als die erstere, die Feuerschicht aber sich unter ihnen, die Luftschicht dagegen über ihnen befindet, so müssen sie von der Luft angezogen werden und aufsteigen. Selbst von der Unhaltbarkeit dieser Hypothese überzeugt ging indefs Hamberger[4] später zu der Theorie über, wonach die Wasserpartikeln in der Luft aufgelöset seyn sollen, und welche später hauptsächlich durch le Roy[5] begründet wurde. Seitdem blieb diese Ansicht mehr allgemein, man übersah den wesentlichen Unterschied zwischen Dampf und Dunst, und nahm gegen Halley's Annahme der bläschenartigen Dunstpartikeln seine Zuflucht zur Elektricität, um das Aufsteigen des schwereren Wassers in der leichtern Luft zu erklären.

Der erste, welcher diesen Gegenstand wieder in genaue Untersuchung zog, war de Saussüre[6]. Dieser hält den eigent-

---

1 Acta Acad. Petr. III. 1. 162.
2 Abhandlung vom Aufsteigen d. Dünste und Dämpfe, Halle 1744. 8.
3 Diss. sur la cause de l'Élevation des vapeurs. Bordeaux 1743. 4.
4 Elementa Physices. Jenae 1750. §. 477.
5 Mém. de l'Ac. 1751. p. 481.
6 Essais sur l'hygrometrie. Ess. II.

hen Dampf gleichfalls für eine Auflösung der Wasserpartikeln der atmosphärischen Luft, wofür die vollständige Durchhtigkeit desselben ihm als Beweis dient. Hiervon unterscheit er indeſs den dichteren Dunst (vapeur concrète), welcher tweder aus kleinen Tröpfchen oder gefrorenen Eisnadeln, er hohlen Bläschen besteht, das Licht auf eine eigenthümlie Weise bricht und reflectirt, und hierdurch die optischen teore erzeugt, welche eben daher Vorboten von Regen oder hnee sind. Saussüre zeigte auſserdem, wie man sich von m Vorhandenseyn solcher bläschenartigen Kugeln überzeugen nne. Man setzt zu diesem Ende eine dunkele, und daher s Sehen erleichternde Flüssigkeit, als Tintehaltiges Wasser er Cafe nach beträchtlicher Erhitzung an einen Ort, wo die ft ruhig ist und starkes Licht auf die Oberfläche fällt. In dem steigenden Dunste unterscheidet man mit bloſsen Augen cht gröſsere und kleinere, einzeln schwebende, ein buntes rbenspiel zeigende, zum Theil auch bloſs weiſsliche Kügelen, mit einer Loupe von 1 bis 1,5 Z. Brennweite aber berkt man einen Unterschied ihrer Gröſse, und sieht die kleien schnell in die Höhe steigen, die gröſseren aber zum Theil eder auf die Flüssigkeit zurückfallen, auf deren Oberfläche so leicht schweben, daſs man sie mit einen Hauche zur Seite sen kann, wobei ein groſser Theil derselben aufzusteigen pflegt. s Dunstbläschen werden auf diese Weise noch leichter sichtr als vermittelst eines eigenen dampfkugelartigen Apparates, lchen de Saussüre zu ihrer Beobachtung verfertigte. Dieser steht aus einer bei A verschlossenen, bei B in eine feine offe- Spitze auslaufenden Röhre von weiſsem nicht dickem Glase, zwei Kugeln C und D. In die erstere dieser Kugeln D brachter etwas Wasser und erhitzte dieses über einer Weingeistlam- So lange die Kugel C kalt blieb, zeigten sich in derselben e Menge Dunstbläschen, wurde aber auch diese erhitzt, so r in derselben bloſs durchsichtiger Dampf, welcher mit Dunst mischt aus der Spitze ausströmte. Wurde der Apparat von Weingeistflamme entfernt und C abgekühlt, so zeigten sich derselben die Bläschen wieder sehr deutlich, und mit einer pe konnte man ihre Bewegungen wahrnehmen. Diese Verhe zeigen evident, daſs die Dunstbläschen erst durch die tziehung eines Theiles des Wärmestoffes gebildet werden;

Fig. 196.

dafs es aber Bläschen und keine massiven Kügelchen si
über beruft sich DE SAUSSÜRE mit Recht blofs auf der
schein. Mit noch gröfserer Bestimmtheit entscheidet e
rer, sehr competenter Richter für das wirkliche Vorhai
solcher kleiner Bläschen. ROBISON [1] nämlich sagt,
kleinen Dunstpartikelchen nicht das sternartige Funkel
welches massive Wasserkügelchen bei starkem auffallen
te dem Auge darzubieten pflegen, sondern eine matter
tion, wie von einem dünnen Häutchen, nach Art de
blasen. Sehen wir sie ferner niederfallen, so geschie
weit langsamer, als bei massiven Kügelchen der I
könnte. Läfst man endlich Lichstrahlen durch sie f
zeigen sie sich von einem schwachen Regenbogen mit
tischen Farben umgeben, gerade so wie derselbe nach c
Gesetzen einer Anhäufung von Bläschen zugehört, a
verschieden von einem solchen, welcher durch massive
kügelchen entstehen müfste.

Ohne diese künstliche Vorrichtung bietet die Beol
des Nebels und der Wolken ein gleiches Resultat dar.
man in der Umgebung eines dicken Nebels am besten de
beim Kerzenlichte durch eine Loupe gegen eine glatte s
Fläche, z. B. eine Platte von Schildpatt, eine schwai
einen schwarz lackirten Teller oder einen schwarzen M
gel sieht, so bemerkt man die in den Brennraum de
kommenden Dunstbläschen sehr genau. Sie beweg
schneller oder langsamer, rollen über die Fläche hinweg
gen zuweilen von ihr zurück, oder setzen sich in Ges
Halbkugeln auf derselben fest. Die kleinen Wassertr
welche sich zugleich mit ansetzen, sind wegen ihrer
sichtigkeit leicht von jenen zu unterscheiden. Uebrig
die Bläschen der Nebel und Wolken kleiner und wenig
gehäuft, als diejenigen Dünste, welche über heifsem
namentlich über Braupfannen und Salzsiedepfannen sch
beide haben das Bestreben herabzusinken, wie sich der
meistens die Nebel, vorzüglich bei ruhiger Luft, herab
und den Boden benetzen, werden aber schwebend e

1 Robison Mech. Phil. II. 13. Anm.

ils weil das sehr geringe Gewicht derselben den Zusammen-
g der Lufttheilchen nicht zu trennen vermag, aus welchem
unde auch die Sonnenstäubchen sich eine Zeitlang in der
osphäre gleichsam schwimmend erhalten, theils weil sie
klich specifisch leichter sind als die Luft. Diese letztere
ätige Behauptung ist auf das entscheidende Argument ge-
ndet, daſs nicht bloſs die Nebel und Wolken selbst bei ru-
er Luft sich wieder erheben, sondern auch die viel dichte-
Dunstbläschen über erhitzten Flüssigkeiten sichtbar empor-
gen.

Diese letztere Erscheinung, nämlich das Schweben des
stes in der atmosphärischen Luft, ist bei dieser ganzen Un-
uchung dasjenige, was der Erklärung allezeit die gröſsten
wierigkeiten entgegengesetzt hat. Daſs die Dunstkügelchen
t massiv sind, läſst sich leicht daraus abnehmen, weil sie
t in Folge des groſsen spec. Gewichtes des Wassers gegen
t auf keine Weise aufsteigen, sondern mit einer ihrer Gröſse
portionalen Geschwindigkeit herabfallen müſsten. Thom.
ng [1] berechnet aus dem bekannten Gesetze des Widerstan-
der Luft gegen Körper, welche in derselben bewegt werden,
ein Wassertropfen, um nicht mehr als einen Zoll in einer
nde zu fallen, keinen gröſseren Durchmesser als $\frac{1}{6000000}$ Z.
en müſste, und sonach mit unbewaffnetem Auge nicht sicht-
seyn könnte; die feinsten sichtbaren Wassertropfen würden
mit einer Fallgeschwindigkeit von 1 F. in einer Secunde
sinken. Young bemerkt zwar zugleich, daſs der Wider-
d der Luft gegen so kleine Tropfen gröſser seyn müsse, als
die Berechnung nach den Versuchen mit gröſseren Körpern
t [2], allein dieses würde die erhaltenen Werthe so ganz be-
end nicht abändern, und auf allen Fall muſs für das posi-
Aufsteigen des Dunstes eine eigentliche Ursache gesucht
en.

Ohne vorläufig diejenige Substanz zu bestimmen, womit
aufsteigenden Bläschen erfüllt seyn mögen, wollen wir die
abe ganz allgemein auffassen, welche übrigens schon ver-

1 Lectures on Nat. Phil. I. 711.
2 Vergl. *Widerstand*.

schiedene Gelehrte beschäftigt hat. Leibnitz [1] unte
sucht die Dicke eines Häutchens von Wasser zu finden,
mit ausgedehnter Luft erfüllt dasselbe zum Aufsteige
und giebt Formeln hierfür an. Kratzenstein [2] will de
messer der Dunstkügelchen aus der Vergleichung mit ei
re $= \frac{1}{3600}$ Z. gefunden haben, womit De Saussure s
übereinstimmt, indem er denselben bei den kleinsten =
bei den gröfsten $= \frac{1}{2780}$ Z. angiebt. Zur Bestimmung
des umgebenden Häutchens benutzt Kratzenstein sei
achtungen, wonach die Dünste im verfinsterten Zimme
ge einerlei Farbe zeigen, als sich die Dicke des Häutch
ändert, im Fall einer ungleichen Dicke aber ein Farben
gen sollen. Aus denjenigen Resultaten aber, welche
durch seine Versuche und Beobachtungen des Farbens
Seifenblasen erhalten hat, folgert er, dafs die Dicke d
chens im natürlichen Zustande der Luft nicht mehr a
eines engl. Zolles betragen. Kratzenstein berechnet,
diesem Falle das Dunstbläschen 0,1 engl. Z. Durchmess
müsse, wenn auch der eingeschlossene Raum des Häu
leerer wäre, woraus folgen würde, dafs man die D
Häutchens noch ungleich geringer annehmen müsse [3].
aber der Durchmesser der Kügelchen nur $\frac{1}{3600}$ eines Z
tragen soll, so folgert Kratzenstein hieraus, dafs die I
gelchen schwerer als die atmosphärische Luft seyn, folg
dersinken müfsten, weswegen er ihr Aufsteigen aus de
keit der Luft und aus Ursachen ableitet, die er sell
deutlich angeben zu können bekennt.

De Saussure sucht diese Argumentation auf eine
widerlegen, welche mir mit den Erscheinungen nicht

---

1 Miscel. Berol. I. 123.

2 a. a. O.

3 Die Formel, wonach in Gehler I. 629. dieses Resultat
wird, ist folgende. Wenn D der Durchmesser des Kügelche
Dicke des Häutchens ist, m, n und v aber die spec. Gewichte
sers, der Luft und der eingeschlossenen Flüssigkeit bezeichne
$x = \frac{1}{2} D - \left(\frac{m-n}{m-v}\right)^{\frac{1}{3}} \times \frac{1}{2} D$, oder nahe genau $x = \frac{n-}{6\,(m\cdot}$
Wird hierin $x = \frac{1}{600000}$; $m = 800$; $n = 1$ und $v = 0$ gesetzt
$D = \frac{48}{500}$ oder nahe $= \frac{1}{10}$.

ustimmen scheint. Er will nämlich durch einen Versuch gefunden haben, dafs in dem durch die Dunstbläschen gehenden Lichte alle prismatischen Farben zugleich vorhanden wären. Da sich aber die durch NEWTON angegebenen Bestimmungen auf gewisse Reihen oder Successionen der Farben beziehen, so folgert er hieraus, dafs die von KRATZENSTEIN gegebene Bestimmung der Dicke des Häutchens nicht die geringste Zuverlässigkeit habe, weil in einem Falle, in welchem alle Farben auf einmal erscheinen, es unmöglich sey, eine genügende Vergleichung mit den Newtonschen Successionen der Farben anzustellen. Vielmehr erhelle hieraus, dafs jedes Bläschen eine andere Dicke seines Häutchens habe, auch können diese Häutchen, eben wie bei den Seifenblasen, am oberen Theile dünner als am unteren seyn, und somit die Farben nur am unteren erscheinen, woraus sich aber auf die Dicke des ganzen Häutchens nicht schliefsen lasse.

Wenn es zuvörderst auf eine genaue Bestimmung des Durchmessers der Bläschen selbst ankommt, so mufs jeder eingestehen, dafs diese aufserordentlich schwer ist. Ein zweckmäfsiges Verfahren dieser Messung dürfte seyn, wenn man ein sehr helles Sonnenmikroskop vorher so weit erhitzte, dafs sich die Dunstbläschen daran nicht niederschlagen, dann dieselben vor der Linse des Mikroskops aufsteigen liefse, und durch Messung des Durchmessers des erzeugten Bildes und Vergleichung desselben mit einem bekannten Körper diese Gröfse bestimmte. Rücksichtlich des Farbenspieles, welches das durchgehende Licht in denselben erzeugt, habe ich selbst oftmals das sehr bunte Farbenspiel wahrgenommen, welches sich in den Bläschen zeigt, und grofse Aehnlichkeit mit der Beugung des Lichtes hat, wenn dasselbe durch ein feines Spinnengewebe oder Fensterscheiben mit feinen Rissen fällt. Ob es möglich sey, hieraus auf die Dicke der Häutchen zu schliefsen, wage ich nicht zu entscheiden, jedoch scheint es mir auf allen Fall sehr unsicher, wo nicht ganz unmöglich. Liefse sich indefs nicht blofs die Gröfse des Durchmessers der Kügelchen, sondern auch die Dicke des Häutchens mit Sicherheit bestimmen, so würde es viel leichter seyn, mit Wahrscheinlichkeit diejenige Substanz anzugeben, welche den Inhalt der Bläschen ausmachen kann, indem die Voraussetzung KRATZENSTEIN's, wonach er sie für

absolut leer hält, bei der Berechnung kaum aufgenommen werden verdient. Diesemnach sind also die Grundlagen, wo man eine genauere Untersuchung bauen könnte, viel zu schw kend und unsicher, als dafs sich ein befriedigendes Resultat von erwarten liefse. Wie weit man aber mit hypothetischen V aussetzungen zu gelangen vermöge, werden die folgenden trachtungen ergeben.

Da nach überwiegenden Gründen anzunehmen ist, dafs Dunstbläschen aus hohlen Kügelchen bestehen, so mufs vor len Dingen das Verhältnifs ihrer Hülle zur Masse festgese werden. Heifst demnach der Durchmesser des ganzen Kü chens $= d$; des durch die Hülle eingeschlossenen $= \delta$, so $d - \delta = 2x$ die doppelte und x die einfache Dicke des Hä chens. Ist dann ferner das spec. Gewicht der Masse, wel das Häutchen bildet $= m$; das der atmosphärischen Luft = das der in dem Häutchen eingeschlossenen Substanz $= \lambda$, so bekanntlich

das Gewicht des Häutchens $= \frac{m(d^3 - \delta^3)\pi}{6}$

das Gewicht der inneren Kugel, wenn dieselbe a Luft bestehen wäre $= \frac{l\,\delta^3\,\pi}{6}$

das Gewicht der inneren Kugel, aus der leichter Substanz bestehend $= \frac{\lambda\,\delta^3\,\pi}{6}$.

Das Kügelchen wird in der Luft schweben, wenn die Differenz des Gewichtes der inneren, aus einem leichteren Stoffe bestehenden, Kugel und einer gleich grofsen von Luft dem Gewicht der Hülle gleich ist, also

$$\frac{m(d^3 - \delta^3)\pi}{6} = \frac{l\,\delta^3\,\pi}{6} - \frac{\lambda\,\delta^3\,\pi}{6}.$$

oder einfach $m(d^3 - \delta^3) = (l - \lambda)\,\delta^3$

Hieraus findet man $d = \delta\left(\frac{m + (l - \lambda)}{m}\right)^{\frac{1}{3}}$

und $\delta = d\left(\frac{m}{m + (l - \lambda)}\right)^{\frac{1}{3}}$

also $d - \delta = \delta\left(\frac{m + (l - \lambda)}{m}\right)^{\frac{1}{3}} - d\left(\frac{m}{m + (l - \lambda)}\right)^{\frac{1}{3}}$

orin für δ substituirt giebt

$$\frac{d-\delta}{2} = x = \frac{d}{2}\left(1 - \left(\frac{m}{m+(l-\lambda)}\right)^{\frac{1}{3}}\right)$$

Nimmt man mit Kratzenstein die Dicke des Häutchens, er $x = \frac{1}{10000}$ Z., setzt $m = 800$; $l = 1$ und $\lambda = 0$, so üfste der Durchmesser der Kügelchen nach dieser Formel gechnet $= 0{,}09756$ seyn, welches mit den Beobachtungen cht übereinstimmt. Allein die Newtonschen Farben in dünn Mitteln erscheinen noch in ungleich dünneren Lagen. Nehm wir daher an, dafs das Häutchen aus Wasser bestehe, becksichtigen wir ferner, dafs in den Kügelchen sich *alle* Farn zeigen, und wir also bei der Bestimmung der Dicke seiner ille bis zu derjenigen gehen müssen, worin nach Biot [1] das rün der zweiten Ordnung erscheinen mufs, so giebt dieses r Wasser 11,333 Milliontheilchen eines engl. Zolles. Wird eser Werth für x genommen, so erhält man mit Beibehaltung r übrigen Gröfsen $d = 0{,}05528$ Z. also noch über ein halbes hntel eines englischen Zolles, welches mit der Erfahrung eichfalls unvereinbar ist. Indem nun aufserdem die Voraustzung, dafs $\lambda = 0$, oder dafs der Raum in hohlen Kügelchen n leerer sey, nicht statt finden kann, jeder Werth von λ aber n für d gefundenen vergröfsert, so berechtigt dieses zu der ilgerung, dafs, die Richtigkeit der zum Grunde gelegten Beimmungen vorausgesetzt, das Farbenspiel der Dunstkügelchen cht auf die Newtonschen Farbenreihen in dünnen Mitteln zuckgeführt werden kann. Wirklich scheinen mir auch die tstehenden Farben mit denen der Seifenblasen keine grofse hnlichkeit zu haben, und gleichen vielmehr den durch Beung an sehr kleinen Körpern entstehenden, wie schon oben merkt ist, und wir müssen daher nach den vorliegenden ründen das bunte Farbenspiel in den Dunstkügelchen für eine lge der Diffraction ansehen, woraus aber hervorgeht, dafs aus nselben keine Bestimmungen weder über die Gröfse des irchmessers noch der Dicke der Häutchen, welche die Dunstgelchen umschliefsen, entnommen werden können.

Das Verhältnifs der Durchmesser und der Dicke der Hüllen an nicht aufgefunden werden, so lange die Bestandtheile der-

1 Traité IV. 77.

selben nicht bekannt sind. Bei denjenigen, welche aus dem Wasser oder sonstigen Flüssigkeiten aufsteigen, durch deren Erhitzung reines oder nahe reines Wasser verdunstet wird, besteht die Hülle wohl ohne Zweifel aus Wasser; schwerer bestimmbar aber ist der Inhalt derselben. Man könnte nach älteren Vorstellungen annehmen, sie wären mit Wärme (Feuermaterie) erfüllt [1], und diese Hypothese lieſse sich allenfalls durch die neuesten Versuche Fresnel's unterstützen, welcher die Repulsion der Wärme auch im leeren Raum beobachtet hat[2], wenn man annähme, daſs die Hülle eben durch diese Repulsion der Wärme ausgedehnt würde; bei genauerer Untersuchung aber muſs diese Hypothese als unhaltbar erscheinen. Einmal nämlich würde es gegen bekannte Naturgesetze streiten, wenn man annehmen wollte, daſs der Wärmestoff die gebundenen Wasserpartikeln verlassen, und frei im Raume der Kügelchen existiren sollte, auſserdem aber könnte den Erfahrungen gemäſs die Repulsion desselben nicht hinreichen, um der Attraction der Wasserpartikeln Widerstand zu leisten, und die Vereinigung derselben zu einem massiven Kügelchen zu hindern. Robison[3] meint, sie müſsten mit Luft erfüllt seyn, und zwar einer ausgedehnteren, als worin sie schweben, weil sie sonst herabfallen würden. Diese Voraussetzung findet er zwar sehr unbegreiflich, glaubt indeſs die wirkliche Existenz solcher Bläschen dennoch als unzweifelhaft annehmen zu müssen. Berücksichtigt man inzwischen die Art der Entstehung der Dunstbläschen, so läſst sich hieraus mindestens mit hoher Wahrscheinlichkeit der Inhalt derselben auffinden. Indem nämlich der gesättigte Wasserdampf auf die Oberfläche des Wassers gelangt, und hierdurch theils dem Drucke des Wassers entzogen wird, theils in die kältere Atmosphäre tritt, erhält er das Bestreben, sich stärker zu expandiren. Die latente Wärme wird hierbei nicht abgegeben, weil sie zu innig mit den Wasserpartikeln verbunden ist, wohl aber ein Theil der sensibelen, und ein diesem Verluste proportionaler Theil Dunstkügelchen fällt wieder in die Flüssigkeit zurück, welches mit den oben angegebenen Erfahrungen voll-

1 Lichtenberg zu Erxleben Naturl. p. 374.
2 Ann. Ch. P. XXIX. 57.
3 Mech. Phil. II. 13. Anm.

mmen übereinstimmt. Indem aber der Wasserdampf in die
rischenräume der Luft eindringt, und hierbei zugleich der
nsibele Wärmestoff sowohl als auch der latente ihn zu verlas-
), und an die kältere Atmosphäre überzugehen sollicitirt wird,
kommt dieses sein Bestreben zugleich in Conflict mit seiner
ziehung gegen die Wasserpartikelchen. Diejenigen dieser
zteren nun, denen ein Theil Wärme entzogen ist, vereinigen
h theils zu concreten Körperchen, theils zu Häutchen, wenn
e solche Entziehung in ihrer ganzen Umgebung statt findet;
besondere aber wird der sensibele Wärmestoff in dem Dam-
:, welcher eine gröfsere Ausbreitung erhält, latent werden,
d in sofern hierzu eine gewisse, wenn auch sehr kurze Zeit
orderlich ist, so wird ein nicht gesättigter, mithin dünnerer
d leichterer Dampf gebildet werden, welcher aufsteigt, und
hierdurch zugleich mit gebildeten Dunstkügelchen mit sich
die Höhe hebt. Während nämlich dem Dampfe durch die
ngebung ein Theil der Wärme entzogen wird, mufs dieser in
ichem Verhältnisse auch abgekühlt und partiell niedergeschla-
ı werden, dadurch aber wird tropfbar flüssiges Wasser frei,
lches durch seine, bei allen Verdampfungsprocessen auffal-
de Affinität zum Wärmestoffe diesen wieder anzieht, durch
ı expandirt wird, und in die Höhe steigt, während bei die-
n Aufsteigen der eben genannte Procefs des wechselseitig mo-
icirten Betsrebens nach Entbindung und Bindung des Wärme-
ffes (je nachdem er durch die umgebende kältere Luft oder
ı sich zunehmend mehr abkühlenden Wasserdampf und das
dergeschlagene Wasser stärker angezogen wird) stets fort-
ıert. Ist daher die Entziehung des Wärmestoffes sehr stark,
dafs die Affinität desselben zu den Wasserpartikeln überwun-
n wird, wie beim sogenannten Beschlagen (Feuchtwerden)
ır kalter Körper, vorzüglich wenn sie in einem gewissen
ıne gute Wärmeleiter sind, bei den zahlreichen meteorischen
ederschlägen, und insbesondere bei dem durch Maupertuis [1]
Torneå beobachteten Phänomene, dafs die in eröffnete Thü-
ı oder Fenster erwärmter Zimmer eindringende kalte Luft
Dünste augenblicklich in einen dicken wirbelnden Schnee
wandelte, so wird der Wasserdampf in Dünste und dann in

---

1 Gehler a. A. III. 659.

tropfbares Wasser oder gar Eis verwandelt werden. Wenn dagegen der Raum, in welchen sich der Dampf ausbreitet, nicht zu kalt und zugleich nicht mit Dampf überfüllt ist, so wird zwar eine der Temperatur und Trockenheit desselben umgekehrt proportionale Menge Dunst niedergeschlagen werden, und zum Theil in die Flüssigkeit zurücksinken, die bei weitem gröfsere Menge desselben wird indefs allmälig wieder expandirt werden, indem theils der sensibele Wärmestoff, theils der gröfste Theil des latenten und beim Eintritte in die atmosphärische Luft dem Dampfe entzogenen wieder latent und zur völligen Expansion des Dunstes verwandt wird, während die sichtbaren Dunstbläschen allmälig eine durch vielfache Umstände bedingte Höhe erreichen, und fortdauernd mehr und mehr aus dem Zustande der Undurchsichtigkeit in den Zustand einer der Luft gleichen Durchsichtigkeit übergehen.

Durch diese Darstellung ist der sehr zusammengesetzte Procefs genau so angegeben, wie die Natur ihn oft und vielfach zeigt. Umgekehrt analog ist der entgegengesetzte, wenn der wirklich expandirte Dampf durch Verminderung der Temperatur in Dunst verwandelt wird, z. B. bei der Bildung des Nebels und der Wolken, und dann entweder zu tropfbarem Wasser übergeht, oder durch Zuflufs neuer Wärme den Zustand völliger Expansion wieder annimmt. Dafs in diesem Falle neue Wärme hinzukommen, und der Umgebung entzogen werden müsse, weil der zur Expansion weiter erforderliche sensibele Wärmestoff nicht auf gleiche Weise, oder vielmehr in gleicher Menge vorhanden ist, wie in dem Falle, wenn heifser Dampf aus einer erhitzten Flüssigkeit in die kältere Atmosphäre tritt, liegt in der Natur der Sache. Wenn nämlich heifser Dampf in eine kältere Atmosphäre übergeht, so verliert er durch diese diejenige sensibele Wärme, welche ihm die der höheren Temperatur zukommende Expansion gab, und indem hierdurch die Theilchen desselben einander näher gebracht werden, entstehen theils massive Wasserkügelchen, theils Dunstbläschen. Indem aber die Luft diese sensibele Wärme aufgenommen hat, der Dampf aber dadurch mehr abgekühlt wird, so entzieht er als Dunst jener die Wärme wieder, bis seine Temperatur und die derselben zugehörige Elasticität mit der Temperatur der Luft im Gleichgewichte sind, wodurch nach den Gesetzen der Dampfbildung

ie vollständige Expansion des Dunstes ohne das Hinzukommen
euer Wärme bewirkt wird. Ist aber durch Entziehung von
Wärme einmal Dunst gebildet, welcher nebst dem Dampfe die
emperatur der Luft angenommen hat, dann muſs aus einer
aſseren Quelle Wärme hinzukommen, um den Dunst zu expan-
iren und in Dampf zu verwandeln. Ob in beiden Fällen bloſs
leine massive Wasserkügelchen oder zugleich auch hohle Dunst-
üllen gebildet werden, kann zwar aus theoretischen Gründen
icht entschieden werden, wir müssen indeſs in Gemäſsheit der
enauen Beobachtungen annehmen, daſs die gröſseren sichtba-
en Kügelchen hohle Dunsthüllen sind, und es liegt nun nur
och die Frage vor, woraus ihr Inhalt bestehe, und wie sich
as Aufsteigen derselben, den statischen Gesetzen zuwider, er-
lären lasse.

Aus demjenigen, was so eben über die Bildung des Was-
erdunstes gesagt ist, wird es im höchsten Grade wahrschein-
ich und folgt fast nothwendig, daſs die Dunsthüllen mit Was-
erdampf erfüllt, und mit einer hieraus bestehenden Atmosphä-
e umgeben sind. Dieser Wasserdampf, sowohl der einge-
chlossene als auch der umgebende, ist nach der gegebenen Dar-
tellung auſserdem nicht im Maximo seiner Dichtigkeit, viel-
iehr fehlt ihm zum Gesättigtseyn gerade so viel, als hinreicht,
en in tropfbares Wasser übergegangenen Dampf zu expandiren.
iese Folgerung ist nothwendig. Denn wenn man die bekannte
rfahrung erklären will, daſs der Dunst beim Aufsteigen völlig
pandirt wird, ohne aus einer andern Quelle als aus sich selbst
n hierzu erforderlichen Wärmestoff zu erhalten, so muſs die-
r Wärmestoff in demjenigen Dampfe enthalten seyn, welcher
die Dunstkügelchen eingeschlossen ist und dieselben umgiebt.
iermit ist nun zugleich der Proceſs des Aufsteigen dieses Dun-
es zum Theil erklärt, wenn man sagt, daſs eine Mischung aus
einen Theilchen niedergeschlagenen Wassers und Dampfes un-
r dem Maximo seiner Dichtigkeit eben so gut aufsteigen müsse,
s wirklich expandirter Dampf, in so fern in jener die Elemen-
des Wassers und der Wärme in gleichem quantitativen Ver-
ältnisse vorhanden sind, als in diesem, weswegen auch das
pecifische Gewicht beider nothwendig gleich seyn muſs. Ueber-
nstimmend hiermit bemerkt man ferner, daſs diejenigen Dunst-
igelchen, welchen beim Emporsteigen des Dampfes aus einer

erhitzten Flüssigkeit die Wärme durch die äufsere Umgebung entzogen wird, wieder in die Flüssigkeit zurückfallen, desgleichen dafs der über einer heifsen Flüssigkeit entstehende Dunst wegen des beigemischten sensibelen Wärmestoffes stets aufsteigt, anstatt dafs der in der Atmosphäre durch Niederschlag gebildete, welchem dieser Wärmestoff abgeht, meistens das Bestreben zeigt, herabzusinken, und nur vermöge seiner geringen Masse in der Luft schwebend erhalten wird. Man könnte also kurz die Sache so ausdrücken: der Wasserdunst steigt deswegen in die Höhe, weil er eine unter sich gleichsam zusammenhängende Masse von Theilchen bildet, welche theils specifisch leichter, theils specifisch schwerer sind, als die Luft, deren mittleres specifisches Gewicht aber geringer ist, als das der atmosphärischen Luft. Hierbei mufs dann allerdings eine gewisse Anziehung, ein gewisser Zusammenhang zwischen den verschiedenen Bestandtheilen des Dunstes hypothetisch vorausgesetzt werden.

Aus einem solchen Zusammenhange liefse sich dann auch folgern, dafs selbst kleine dichte Wasserpartikelchen mechanisch in die Höhe gehoben werden könnten, wenn man ihren Durchmesser verschwindend klein annähme. Hierüber bietet indefs die Erfahrung keine Gewifsheit dar, indem solche auf allen Fall mit unbewaffnetem Auge gar nicht, und durch eine Loupe bei der Unbequemlichkeit der Beobachtung schwerlich sichtbar seyn würden. So viel läfst sich mit hoher Wahrscheinlichkeit vermuthen, dafs bei der Schnelligkeit, womit sich der Dampf häufig aus den Flüssigkeiten erhebt, nothwendig massive Tropfen fortgerissen werden müssen, insbesondere wenn man berücksichtigt, dafs beim schnellen Eröffnen des Ventiles eines Papinischen Digestors bedeutende Mengen Wassers in die Höhe geschleudert werden, und als kalte Tropfen wieder herabfallen [1]. Weiter lassen sich indefs diese möglicher oder wahrscheinlicher Weise zwischen dem Dunste schwebenden Wasserpartikelchen nicht untersuchen, ihre Existenz und Beschaffenheit bleibt immer ungewifs, weil es durchaus an allen Thatsachen fehlt, worauf mit Grunde ein Urtheil gebauet werden könnte.

---

1 Vergl. *Dampf, latente Wärme desselben* Th. II. S. 304.

Etwas weiter läfst sich die Untersuchung der hohlen Was-rkügelchen noch treiben, deren Existenz den Beobachtungen ch nicht wohl zu bezweifeln ist, und welche auch in so fern ichtiger sind, als sie die alleinigen, oder auf allen Fall vor-glichsten und meisten Bestandtheile des Dunstes ausmachen. ostrahirt man von dem problematischen Antheile, welchen die ngebende Dampfatmosphäre an ihrem Aufsteigen haben mag, id betrachtet dieselben als kleine Aërostaten mit Dampf gefüllt, läfst sich aus ihrem bekannten Durchmesser die Dicke des 'asserhäutchens nach der oben gegebenen Formel finden. Die röfse dieses ihres Durchmessers, wie ihn Kratzenstein an-ebt, liegt nahe in der Mitte zwischen den beiden Angaben e Saussüre's, und wir können sie daher füglich bei der Be-echnung zum Grunde legen. Die Dichtigkeit des Wassers ge-en Luft mit Rücksicht auf die Ausdehnung beider durch die Färme, in welcher der Procefs stattfindet, läfst sich in genä-ertem Werthe $= 800 : 1$ annehmen, die Bestimmung des Ver-ältnisses der Dichtigkeit des Dampfes gegen Luft kann aber it Genauigkeit nicht gegeben werden, indem derselbe mit der erminderung der Temperatur stets dünner wird. Indem aber eses Verhältnifs in der Siedehitze $= 0{,}655 \ldots : 1$ ist, der asserdunst aber in bedeutend niedrigerer Temperatur noch chtbar ist, so wird man sich von der Wahrheit nicht weit ent-rnen, wenn man $0{,}5 : 1$ als mittleres Verhältnifs annimmt. ernach wären in der oben angegebenen Formel $d = \frac{1}{3600}$; $= 800$; $1 = 1$ und $\lambda = 0{,}5$ mit welchen Bestimmungen an die Dicke des Häutchens in Zollen $x = 0{,}00000002916$ ler in Linien $x = 0{,}00000035 = \frac{1}{28}$ Millionth. einer Linie hält, allerdings eine verschwindende Gröfse, wie auch der atur der Sache nach nicht anders seyn kann. Solche Kügel-len also, deren Durchmesser $\frac{1}{300}$ und deren Hülle $\frac{1}{28}$ Million-eilchen einer Linie beträgt, werden durch das im Verhältnifs on $0{,}5 : 1$ geringere spec. Gewicht des eingeschlossenen Dam-es in der atmosphärischen Luft bei mittlerem Barometerstande id nahe an der Oberfläche der Erde statisch in der Luft hwimmen. Dafs sie sich aber mit einer verhältnifsmäfsig cht unbedeutenden Geschwindigkeit erheben, ist eine Folge eils der sie umgebenden Atmosphären von specifisch leichte-m Dampfe, wie eben gezeigt ist, theils auch davon, dafs so-



scheinend im Widerspruche stehende Undurchs
Dunstes endlich, und die Reflection des Lichtes
und Nebel, kann aus der grofsen Menge von Flä
die Lichttheilchen oder Lichtwellen auf ihrer B
leicht erklärt werden [1].

Dasjenige, was hier zunächst über den Dun
gesagt ist, pafst mit geringen Abänderungen auch
ste von anderen Flüssigkeiten, z. B. von Weinge
dgl. m. Oft ist der Wasserdunst mit andern Subs
reinigt, wie z. B. mit Säuren, Ammoniak, Kohl
bis er in eigentlichen Rauch übergeht, welcher
verschiedenen Beschaffenheit wegen vom Dunste
den ist [2]. Ob endlich die dunst- und rauchartige
welche von verschiedenen verbrennenden Körpe
z. B. vom brennenden Schwefel, Phosphor, de
dgl. eigentliche Dünste, d. h. bläschenförmige Kör
welches die Ursache ihres Aufsteigens seyn mag,
sich wegen des Mangels einer genaueren Kenntnifs
jetzt noch kein Urtheil fällen. Noch kann hier
santen Phänomens gedacht werden, welches Robis
ich selbst aber weder aus eigener Erfahrung kenn
sonst irgendwo angeführt gefunden habe. Wenn
Oberfläche von siedendem oder dem Sieden nahe e
öle in schräger Richtung mit einem Löffel schlägt

Duplicator der Elektricität.

lektricitäts-Verdoppler; *Duplicator electri-tatis;* Doubleur de l'électricité; *Doubler of elec-icity.*

Unter diesem Namen hat der Engländer Bennet, welcher rch die Erfindung des so äufserst empfindlichen Goldblatt-ktrometers bekannt ist [1], eine sinnreiche ausgedachte Geräth-haft angegeben, welche gleich dem *Collector* und *Conden-tor* zum Zwecke hat, eine kleine und an sich auch an dem pfindlichsten Elektrometer nicht bemerkbare Quantität von ektricität so lange zu vervielfältigen, bis sie hinreichend an annung zugenommen hat, um ein Elektrometer zu afficiren, lbst Funken zu geben, und andere Wirkungen einer stärke-n Elektricität hervorzubringen.

Dieser Apparat besteht aus drei Messingscheiben A, B, C, Fig. 197. ren jede ohngefähr 3 bis 4 Zoll im Durchmesser hat. Die ste Scheibe A wird als eine Art von Deckel auf das Blattgold-ektrometer aufgeschraubt, kann aber auch sonst in horizon-ler Stellung von irgend einem isolirenden Gestelle getragen erden, und blofs ihre obere Seite ist überfirnifst. Die zweite heibe B ist auf beiden Seiten mit Lackfirnifs überzogen und it einem isolirenden Handgriffe versehen, der seitwärts an m Rande derselben befestigt ist. Die dritte Scheibe C ist nur f der untern Stelle mit Firnifs überzogen, und auch mit ei-m Handgriffe versehen, der lothrecht auf ihrer Oberfläche eht.

Man bedient sich dieses Apparates auf folgende Weise. e Platte B wird auf A gelegt; die kleine Quantität der Elek-cität, welche vervielfältigt werden soll, wird dem untern eile der Scheibe A mitgetheilt, und zu gleicher Zeit wird der nd der Scheibe B, der nicht überfirnifst ist, mit dem Finger rührt. Alsdann wird zuerst der Finger weggezogen, und rnach die Platte B von der Platte A. Nun wird die Platte C f B gelegt, und ihre obere Fläche auf eine kurze Zeit mit dem

porum et halituum generatione. Tub. 1745. 4. Achard in J. de Ph. V. 463.

1 Philos. Trans. LXXXII.



der beiden Platten A und C zugleich beschäftigt v
pelt soviel Elektricität, als das erstemal. Leg
die Platte C auf B, und berührt ihre Oberfläche
ger, so wird auch diese Platte verhältnifsmäfsi
sirt, als zuvor; und so wird bei immer öfterer
des beschriebenen Verfahrens die Elektricität
bis zu dem erforderlichen Grade verstärkt werde
auf den sich berührenden Oberflächen der Platte
hüten, dafs sich die Metallflächen nicht selbst
welchem Falle sie einander ihre Elektricität se
würden, welches man hier ganz vermeiden, u
Vertheilung wirken will.

Man übersieht leicht, dafs der wesentlic
zwischen dem *Duplicator* und dem *Conde*
auch dem *Collector* darin besteht, dafs erst
Elektricität, nicht blofs von zu geringer Spannun
bar auf das Elektrometer zu wirken, sondern
hältnifsmäfsig sehr kleiner Quantität, sichtba
dieses Instrument demnach keinen Zuflufs von
einem gröfseren Vorrathe, oder einen relativ u
Quell zu seiner Wirkung voraussetzt, welcher
Condensator bedingt ist.

G. Ch. Bohnenberger, einer der thätigsten
triker [1], giebt umständliche Anleitung, wie n

nd obere Scheibe, wie LICHTENBERG beim Volta'schen Condentor in Vorschlag gebracht hatte. Allein das Reiben der Schein beim Aufsetzen und Abheben von diesen Glasstückchen ergt Elektricität, so dafs sich ohne Zuführen von Elektricität r Scheibe A (selbst wenn die Scheiben von einander abgesonrt über Nacht in feuchter Luft gestanden hatten, und nur rz vor der Operation erwärmt wurden) endlich doch immer ie Explosion zeigte. Nahm BOHNENBERGER gar ganze Glaseiben, so war die Reibung stärker, und die Explosion ergte eher. Um diesem abzuhelfen, befestigte er die mittlere ppscheibe an drei Glasstäben in einem dicken Pappringe, zte die oberste mit drei Glasfüfsen auf diesen Ring, so dafs in geringer Entfernung von der mittleren ihr parallel lag, d steckte die unterste an eine unter der Mitte des Pappringes ehende Glassäule, längs der sie sich hoch hinauf und hinunter hieben liefs. So liefsen sich die Scheiben gehörig nähern, ne sich zu berühren, und die Luftschicht vertrat die Stelle r Firnifsschicht.

Dieselbe nachtheilige Wirkung, welche BOHNENBERGER von inen Glasstückchen wahrnahm, wollte auch CAVALLO schon üher von den Firnifsschichten, mit welchen in der von BENNET terst angegebenen Vorrichtung die Scheiben überzogen waren, merkt haben, dafs nämlich nicht blofs die mitgetheilte Elekicität der zu untersuchenden Substanz, sondern auch die rch zufälliges Reiben der Firnifsschichten der Platten selbst im Aufsetzen und Abheben entstandene ursprüngliche vervieltigt werde. CAVALLO hat, um diesen Fehler zu entfernen, gende Verbesserung der Geräthschaft versucht. Er richtete ei Platten ohne allen Firnifs so ein, dafs sie sich einander cht berühren konnten, sondern $\frac{1}{8}$ Zoll weit von einander entnt bleiben mufsten. Jede Platte stand vertical, und ward n zwei Glasfüfsen getragen, die mit Siegellack überzogen wa-n. Die Platten selbst waren von starkem Zinn, und hatten gefähr 8 Zoll im Durchmesser. Die Glasfüfse waren in ein ück Holz eingeküttet, das in der Rückseite einer jeden Platte festigt war, und standen unten in einem hölzernen Fufsgelle, welches etwas weniges vor der Platte hervorragte, dait, wenn man zwei solche Platten auf einem Tische neben



so fand doch Cavallo diese Geräthschaft noch im
bar zu genauen Versuchen. Denn wenn auch gl
diesen Platten irgend einige Elektricität mitgethei
so wurden sie dennoch gleichsam von selbst nac
15 höchstens 20 maligem Verdoppeln so voll v
dafs sich selbst Funken daraus ziehen liefsen.
von dieser Elektricität zu befreien, waren verg
gleich einen ganzen Monat lang durch einen g
der Erde verbunden, unberührt stehen blieben,
doch am Ende dieser Zeit nach einem oftmalig
noch immer einige Spuren einer in ihnen selb
Elektricität, welche auch, wie sich nach ge
suchung fand, nicht von dem Körper des Experi

CAVALLO fand sich endlich vollkommen ü
diese Platten allemal eine kleine Quantität Elekt
behalten, welche vielleicht von einerlei Art mit
durch die sie zuletzt elektrisirt worden sind, un
sie unmöglich befreien kann. Er glaubt die U
in der verschiedenen Beschaffenheit der erregten
finden; dann wenn z. B. eine Platte ein geringe
und eine andere — E hat, so wird diejenige, v
kräftigsten äufserst, zu einer entgegengesetzten
der andern Gelegenheit geben, und endlich eine
eigenthümlichen Art der Elektricität harvorbringe

geänderter Volta'scher Condensator und auf keinen Fall die
elle eines *Duplicators* vertreten kann, da er, um Elektri-
äten von schwacher Intensität bemerklich zu machen, stets
e grofse Quantität derselben erfordert, während der Dupli-
tor auch die kleinsten Quantitäten von Elektricität, wie sie
B. an einem einzelnen Körper von geringem Umfange vorhan-
n seyn könnten, bemerklich machen soll und kann. Wir
erden am Ende dieses Artikels auf diese Unsicherheit des Du-
icators noch einmal zurück kommen.

Duplicator mit einem Mechanismus.
Revolving Doubler.

Ohngeachtet das Verfahren beim gewöhnlichen Duplicator
ch der Bennetschen Einrichtung zur Vervielfältigung der
ektricität an sich einfach und ohne Schwierigkeit ist, so will
doch gelernt und eine Zeit lang geübt seyn. Man hat daher
richtungen dieses Apparats erdacht, welche durch einen
echanismus diese Uebung entbehrlich zu machen und gleich-
m zu ersetzen im Stande sind. Nach dem Berichte Nichol-
s scheint Darwin der erste gewesen zu seyn, der im Jahre
'87 einen Duplicator aus vier Platten verfertigte, wovon zwei
mittelst eines Räderwerks in Lagen gebracht wurden, worin
n sie mit dem Finger berühren mufste, um den gewünsch-
Erfolg zu erhalten. Nicholson erfand aber eine viel ein-
here Art, vermittelst einer blofsen Kurbel diese Bewegungen
vorzubringen, und theilte der Londner Societät im Jahre
88 eine Beschreibung eines solchen drehbaren Duplicators
volving Doubler) in einem Briefe an den Ritter Banks
[1]. Fünf Jahre darauf 1793 gab Joh. Read sein Summary
he spontaneous electricity of the earth and atmosphere her-
, in dessen 4[tem] Kapitel er dasselbe Instrument mit einigen
nen Veränderungen wieder bekannt machte, und eine Ab-
lung davon mittheilte, welche erst im Jahre 1798 auf dem
tlande allgemeiner bekannt wurde [2]. Wir theilen diese Be-

1 Philos. Transactions for 1788. II. 403 — 437. Vergl. den Aus-
davon nebst der Abbildung in Grens Journal II. 61.

2 Bibliothèque britannique Jahrgang 1798, und aus dieser in den
ales de Chemie. Tome XXIV. 327.

schreibung und zugleich die perspectivische Abbildung li[illegible]
Fig. 198. mit. Derjenige Duplicator, welchen die Herausgeber der [illegible] brit. vor sich hatten, war 10 Zoll hoch, und bestand [illegible] Messing und Glas. Zum Fuſse dient eine massive Gl[illegible] welche den auf sie befestigten messingenen Würfel Q [illegible] chend isolirt. In einer sehr genau gearbeiteten Hülse [illegible] kubischen Stückes dreht sich die Welle L O so gedrängt, [illegible] sie nicht wankt. Der hintere Theil derselben P O besteht [illegible] Messing, und endigt sich in eine hohle Kugel aus Messing [illegible] D; der vordere Theil L P ist ein massiver Glasstab, und [illegible] in L eine messingene Kurbel L V, vermittelst welcher die W[illegible] [illegible]dreht wird. A B und C sind drei von Glasstäben getr[illegible] [illegible]essingscheiben; ihr Rand und das Messingstück, welch[illegible] auf die Glasstäbe befestigt, sind, um das Ausströmen mög[illegible] zu verhindern, überall aufs Beste abgerundet. Die beiden [illegible] beweglichen Scheiben A und C sind an die gebogenen Gl[illegible] M und N befestigt, und von ihrem hintern Theile gehen [illegible] Drähte x und z herab, woran sehr empfindliche Elektr[illegible] b, b hängen. Um die Flachsfäden dieser Elektrometer [illegible] fein zu erhalten, ist es am besten, sie von der Pflanze [illegible] zustreifen, und zu spalten, bis sie fast in der Luft sch[illegible] und sie dann mit starkem Leim zu steifen, damit sie sich ni[illegible] drehen und durchkreuzen. Die dritte Messingscheibe B ist ver[illegible] mittelst des Glasstabes r s an eine Hülse befestigt, die auf de[illegible] messingenen Theil der Welle aufgeschoben und fest geschraubt ist, so daſs sie sich zugleich mit dieser umdreht; eine kleine Messingkugel W an der entgegengesetzten Seite der Hülse dient ihr zum Gegengewicht. Auf eine ähnliche Art ist an den gl[illegible] sernen Theil der Welle vermittelst der Hülse t ein Messing[illegible] g h so angebracht, daſs bei jeder Umdrehung die feinen Dr[illegible] die aus seinen Enden hervorgehen, gegen den untern hori[illegible] talen Arm der Drähte x und z schlagen. Die beiden Theile [illegible] Welle diesseits und jenseits des kubischen Stücks Q sind ge[illegible] gegen einander abgewogen, so daſs der Schwerpunct der We[illegible] mitten in den Kubus Q fällt. Die Scheiben A und C stehen g[illegible] nau in derselben Ebene, senkrecht auf der Achse, und auch [illegible] Scheibe B wird senkrecht auf die Achse gestellt, so daſs sie [illegible] Umdrehen dicht vor den beiden ersteren Scheiben, doch o[illegible] sie zu berühren, vorbeigeht. Die feinen Drähte, in die sich [illegible]

hl der Messingdraht g h endigt, als auch die Drähte f d, welcher
'dem kubischen Stücke Q, und p welcher auf dem Messingthei-
P der Welle aufsitzt, lassen sich nach Willkür adjustiren und
gen. Man stellt sie so, daſs im Augenblicke, da die umlaufende
heibe B der festen A genau gegenübersteht, die mit den Schei-
ı A, C in Verbindung stehenden Messingstäbe x, z, von den Dräh-
ı g und h, und zugleich die umlaufende Scheibe B vom Drah-
f d berührt wird, da dann die erstere unter sich, und die
ztere mit der Messingkugel D (vermittelst des messingenen
eils der Welle P O) in leitender Verbindung steht, und daſs
llich, wenn die Achse so weit fortgedreht ist, daſs B der
lern festen Scheibe gegenübersteht, der Draht p gegen diese
ıeibe C schlägt, und sie dadurch gleichfalls mit der Kugel D
leitende Verbindung setzt. In jeder andern Lage sind die
:eiben und die Kugel auſser aller leitenden Verbindung unter
ander.

Man theilt die Elektricität, welche verdoppelt werden soll,
B. die Elektricität einer einmal durch die Hand gezogenen
sröhre) der Kugel D mit. Wenn nun die Scheibe B der festen
egenübersteht, so berührt sie der Draht f d und setzt sie mit
Kugel D in leitende Verbindung, jene Elektricität theilt
ı also der Scheibe B mit. Zu gleicher Zeit bilden dann die
len unbeweglichen Scheiben A und C vermöge des Stabes
eine zusammenhängende Metallmasse, die durchVerthei-
g elektrisirt wird, indem die Elektricität in der Scheibe B
gleichnamige aus der gegenüberstehenden A hinaus in das
ere Ende der Metallmasse, d. h. in die Scheibe C treibt, so
s A — E und C + E erhält. Dabei wirkt aber das — E der
eibe gerade so auf die Scheibe B und die damit verbundene
gel zurück, und häuft fast alles + E aus der Kugel in der
eibe B an. Kommt nun diese der Scheibe C gegenüber, die
dem Augenblicke von dem Drahte p berührt und mit der
gel D zu einer leitenden Masse wird, so elektrisirt B eben so
der diese Masse durch Vertheilung, und das + E wird aus
anz in die Kugel D getrieben, somit also eine doppelte Menge,
vorher, angehäuft. Kommt folglich B wieder in die erste
ge der Scheibe A gegenüber, so kann ihr die Kugel abermals
ktricität ertheilen, A wird also noch stärker negativ und C
sitiv elektrisch, und daher wird in der zweiten Lage der

beweglichen Scheibe B, der Scheibe C gegenüber, wiederum mehr Elektricität in die Kugel D getrieben. So geht es beim fernern Drehen fort, in der Kugel und der Scheibe B wird die zugeführte, in A die entgegengesetzte Elektricität immer stärker angehäuft, bis endlich ihre Intensität so stark wird, daſs sie ihre Schlagweite bis auf die Entfernung, in welcher B vorbeigeht, erweitert. Dann entsteht eine Entladung zwischen beiden Scheiben, und das elektrische Gleichgewicht stellt sich mit einem kleinen Funken wieder her. Bei Elektricitäten, wie man sie mit dem Duplicator zu untersuchen pflegt, sind 15 bis 20 Umdrehungen mehrentheils hinlänglich, eine Explosion zu bewirken. Die Elektrometer pflegen schon bei der ersten Umdrehung zu divergiren.

Der Hauptunterschied zwischen diesem *drehenden* Duplicator und dem *einfachen* Bennet'schen ist, daſs in letzterem der elektrische Zustand der Scheiben durch Zuleitung und Ableitung elektrischer Materie von auſsen her entsteht, indem entweder die Finger oder leitende Drähte eine Verbindung mit dem Erdboden machen, während im Nicholson'schen Verdoppler der elektrische Zustand der Scheiben allein durch Vertheilung ihrer eigenthümlichen Elektricität hervorgebracht wird, obgleich auch hier eine Mittheilung in so ferne vorgeht, als das, was die eine verliert, nach der andern getrieben wird. Daſs durch eine Galvanische Einwirkung der Finger auf die Metallscheiben im ersten Falle eine fremdartige Elektricität erzeugt und eine Täuſchung hervorgebracht werden kann, die bei der letztern Einrichtung abgeschnitten ist, darf nicht ganz auſser Acht gelassen werden [1].

Merkwürdig ist es, daſs nach Bohnenberger's Versuchen [2] sich im Bennet'schen Verdoppler in der Regel die Zeichen der Verdopplung etwas eher als im Nicholson'schen äuſsern, und daſs er weniger Operationen, als dieser, erfordert. Als z. B. Bohnenberger in beiden einer Scheibe so viel möglich eine gleiche Quantität elektrischer Materie mitgetheilt hatte, zeigten sich beim Bennet'schen Duplicator die ersten Fünkchen schon bei der sch

---

1 s. weiter unten.

2 s. die oben angeführte Schrift.

n bis zehnten und die Explosion bei der 12ten bis 15ten Be- hrung der mittleren Scheibe B, bei seinem Nicholson'schen uplicator (der nur in einigen Stücken der mechanischen Ma- pulation von dem eben beschriebenen etwas abwich) waren st nach 20 bis 25maligem Hin- und Herschieben Zeichen der erdoppelung sichtbar und nach 30 bis 40maliger erfolgte erst e Explosion. Bei genauer Erwägung des Gesetzes, nach wel- iem diese beiden Instrumente verdoppeln, sollte man indessen ese Verschiedenheit nicht erwarten [1].

Es verdient hier noch eine leicht auszuführende Verände- ung in der Einrichtung des Nicholson'schen Duplicators, wel- e Bohnenberger angegeben hat, eine nähere Beschreibung id Abbildung, da ich mich selbst von der Brauchbarkeit eines ch dieser Vorschrift verfertigten Instruments zu überzeugen legenheit gehabt habe. Das Brett A, welches zum Fuſsge- ll dient, ist 10 Z. lang, 4 Z. breit und $\frac{1}{2}$ Z. dick, und die in mselben befestigte Säule ist folgendermaſsen eingerichtet, um durch die drehende Bewegung der Scheiben zu Stande zu brin- n. Der untere Theil B ist $2\frac{1}{4}$ Z. hoch und $1\frac{3}{4}$ Z. dick, und geht einen Zapfen aus, der 5 Z. lang und 3 Lin. dick, und dessen eres Ende schraubenförmig eingeschnitten ist. Auf diesen ern Theil sind zwei durchbohrte Stücke C und D aufgestellt, les 2,5 Z. dick und 2 Z. hoch, und zwischen beiden befindet h ein Ring L, 0,5 hoch, der vermittelst der Stellschraube M gedrückt werden kann. Der 2,5 Z. lange massive Glasstab a, elcher die zwei Zoll im Durchmesser haltende und 0,5 Zoll ke mit Stanniol überzogene Pappscheibe F trägt, ist in diesem nge befestigt. Der Glasstab b, an welchem die mit Stanniol erzogene Pappscheibe G von gleichem Durchmesser und un- fähr 4 L. dick sitzt, ist in das Stück C, und der Glasstab c r oberen gleichen Scheibe E in das Stück D befestigt, und var so, daſs G und F, so wie F und E um eine Linie senk-

Fig. 199.

1 Vergl. G. IX. 141. 142. wo durch eine einfache Berechnung chgewiesen ist, daſs wenn man die der untern Scheibe des Bennet'- ıen Verdopplers mitgetheilte El. 1. setzt, nach 10maliger Operation se Elektricität zu $2^{10} = 1024$mal verstärkt worden ist, beim Nichol- ı'schen Duplicator dieselbe 10mal wiederholte Operation die Elektri- it auf $2^{10} - 1 = 1023$mal vervielfältigt hat.

recht von einander entfernt bleiben, zugleich aber die obere Scheibe E, wenn die unteren F und G gerade über einander stehen, um einen Zoll weit nach horizontaler Richtung von ihnen absteht. (Bei dem nach meiner Angabe ausgeführten Instrumente sind in den Säulenstücken C und D Nuten angebracht, in welchen sich Messingstücke mit den Glasstäben, von denen die Scheiben getragen werden, auf und abbewegen lassen, so dafs die Metallscheiben einander so nahe als möglich gebracht, aber auch in gröfseren Entfernungen von einander gestellt werden können, wodurch man die Vervielfältigungskraft des Duplicators abändern kann.) Das massive Glasstäbchen H 3,6 Zoll hoch, trägt eine von Pappe verfertigte, und mit Stanniol überzogene Kugel von 2 Z. im Durchmesser (besser von hohlem Messing), das Glassäulchen I vermittelst eines kleinen hölzernen Aufsatzes den Draht e, der durch den Aufsatz durchgesteckt ist, und dessen in Ringe gebogene Enden die beiden beweglichen Scheiben E und G berühren, wenn sie in der Stellung sind, welche die Figur abbildet, und endlich der 6 Z. lange Glasstab d, der in das Stück D, nahe unter dessen oberem Ende befestigt ist, trägt auf eine ähnliche Art das hölzerne Stück g, und vermittelst desselben den durchgesteckten Draht f, dessen beide Endringe (oder statt dieser kleine Kugeln) in der Stellung, welche die Figur vorstellt, die Kugel und die feste Scheibe F berühren. Wird dagegen die Scheibe E senkrecht über F gebracht, so tritt sie und die Scheibe G, die sich zugleich mit ihr dreht, vom Drahte e, und zugleich der Draht f von der Kugel und der Scheibe F zurück, und dafür kommt der Draht h, der in den Rand der obern Scheibe E eingelassen ist, eine angemessene Länge hat, und sich in einen Ring oder kleine Kugel endigt, mit der gröfsern Kugel in Berührung. Der Handgriff K, vermittelst dessen die Stücke C und D stets zugleich gedreht werden, ist in das Stück D mit einem Zapfen festgemacht, und unten mit einem Ausschnitte versehen, in welchem ein Zapfen steht, der in das Stück C eingesetzt ist, damit sich der Handgriff zugleich mit D abnehmen und wieder aufstecken lasse. Doch kann man auch beide Zapfen in den Handgriff selbst einsetzen, und ihn so einzeln aufstecken und abnehmen. Zu oberst auf die Säule B wird noch ein gewölbter Aufsatz N aufgeschraubt. Das Ganze würde sich sehr geschmeidig und niedlich aus Me-

ing machen lassen, doch müfsten die Scheiben, damit man sie ut an die Glasstäbchen befestigen könne, hohl und trommelörmig gemacht, und inwendig in sie, so wie auch auf die Stüke C, D und L Röhrchen für die Glasstäbe eingelöthet werden. Die Säule B müfste von abgedrehtem und gut polirtem Stahle gemacht, und in einen Fufs von Mahagonyholz geschraubt werden.

Man sieht leicht, dafs die ganze Operation mit diesem Intrumente in einem Hin- und Herdrehen der beiden beweglichen Scheiben vermittelst des Handgriffs besteht. Wird in der Stellung, welche die Figur abbildet, der Kugel ein schwacher Grad von positiver Elektricität mitgetheilt, so treibt die Scheibe F, die durch den Draht f mit der Kugel zusammenhängt, aus der darunter befindlichen Scheibe G einen Theil des dieser Scheibe eigenthümlichen + E durch den Draht e in die obere Schale hinein, welche dadurch positiv wird, aber in einem Grade, der noch auf kein Elektrometer wirkt. Wird nun beim Drehen die Verbindung der Scheiben unterbrochen, so bleiben G negativ, F und E positiv elektrisch; und kommen E und F senkrecht über einander, und zugleich E mit der Kugel in Verbindung, so wird ihr + E durch den Draht e in die Kugel getrieben. Beim Zurückdrehen kann also F wieder mehr + E aus der Kugel erhalten, treibt also noch etwas aus der Scheibe G in die obere, und diese führt es dann wieder der Kugel zu, und so geht die Operation weiter, bis F und G durch eine Explosion das elektrische Gleichgewicht wieder herstellen.

Ich habe schon oben bemerkt, dafs Cavallo den Bennet'schen Duplicator als ein unsicheres Instrument erkannte. Dasselbe fand auch Bohnenberger selbst bei dem von ihm verbesserten Bennet'schen Duplicator, wo wenigstens die Reibung der Scheiben mit ihren Firnifsschichten an einander oder an den zwischen gelegten Glasstückchen nicht im Spiele seyn konnte. Durch kein Mittel und keine Vorsicht (er mochte die Scheiben und Glasfüfse der Flamme von brennendem Papier aussetzen, oder sie wiederholt anhauchen, oder sie Tage, ja Monate lang durch einen guten Leiter mit der Erde verbunden stehen lassen) vermochte er ihnen alle Spuren von Elektricität so zu rauben, dafs sie sie nicht nach 10, höchstens 20maliger Verdoppelung gezeigt hätten, und die Art derselben war eben so veränderlich.

Immer behielten die Scheiben eine kleine Menge von Elektricität zurück, welche, wie CAVALLO meint, mit derjenigen gleichartig ist, durch die sie zuletzt elektrisch gemacht wurden, und von der man sie unmöglich befreien könne. CAVALLO suchte durch einen bestimmten Versuch die Zeitdauer dieses Anhaftens der schwachen Grade von Elektricität zu bestimmen. Ein sehr empfindliches Blattgold-Elektrometer, dem einige Elektricität mitgetheilt worden war, ward, während es dieselbe wieder verlor, durch ein kleines Teleskop betrachtet, durch dessen Mikrometer man die Chorde des jedesmaligen Winkels der Divergenz messen, und zugleich die Zeiten, welche zwischen jedem Paar der Beobachtungen verstrichen, bemerken konnte. Er erhielt dabei folgende Resultate. Wenn im Anfange der Beobachtung die Chorde des Divarications-Winkels = 16 war, so ward sie in einer Minute = 8, in 8½ Minute darauf = 4, dann 17 Minuten hernach = 2, und erst nach 1½ Stunde = 1. Schliefst man nun hieraus, die Zeiträume, welche zur Zerstreuung der Elektricität nöthig sind, wachsen zum wenigsten im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Dichtigkeit und Elektricität (welches dem Versuche nach gewifs keine übermäfsige Voraussetzung ist), so findet man durch eine ganz leichte Rechnung, dafs das Elektrometer ungefähr nach 2 Jahren noch den hundertsten Theil der beim Anfange des Versuchs ihm mitgetheilten Elektricität enthalten wird. Und wenn man gleich nicht weifs, wie weit eine Quantität Elektricität theilbar ist, so meint CAVALLO könne man doch nach dem Angeführten behaupten, dafs das Elektrometer viele Jahre lang elektrisirt bleiben werde[1]. Indessen ist hiergegen zu erinnern, dafs diese langsame Abnahme der Elektricität, wo beim Widerstande der Luft, die ein relativer Isolator ist, die Elektricität nur mit grofser Schwierigkeit entweichen konnte, keinen Schlufs auf ein ähnliches Verhalten unter ganz verschiedenen Umständen, wo nämlich die besten Leiter durch die innigste Berührung den leichtesten Abflufs gewähren, zuläfst. BOHNENBERGER giebt gleichfalls diese Ursache der Zweideutigkeit der Resultate des Verdopplers nicht zu, weil er bei dem rotirenden Nicholson'schen Verdoppler, und bei dem

1 Phil. Trans. 1788. I. und Grens Journal I. 49.

n ihm abgeänderten, oben beschriebenen, in wiederholten
rsuchen auch nach 200 ja 250maliger Rotation doch keine
ur von Elektricität habe erhalten können, und wenn sie in
:enen Fällen erhalten worden sey, so schliefst er, dafs dann
: irgend eine Art in eine der Scheiben oder in die Kugel Elek-
:ität von aufsen gekommen, oder in derselben, weil sie nicht
iörig lange Zeit mit dem Erdboden in leitender Verbindung
r, zurückgeblieben sey. Ersteres könne um so leichter ge-
ehen, weil das Abkehren oder Abwischen des Staubes von
: Scheiben und ihren Glassäulen, wie gelinde und vorsichtig
auch geschehe, die Flamme von angezündetem Papier, das
hauchen und Wegdampfen des Athems und dergl. schon
ktricität erregen könne. Sey daher etwas dergleichen mit den
eiben vorgegangen, so müsse man vom Instrumente nicht
r Gebrauch machen, als bis man die Scheiben von einander
'ennt, und jede für sich mit der Erde verbunden eine Nacht
r der freien Luft ausgesetzt habe stehen lassen. Nie habe er,
m dieses geschehen war, auch nur eine Spur von Verdop-
ng ohne vorgängige Mittheilung erhalten. Ganz anders,
it aber Bohnenberger, verhalte sich die Sache beim Ben-
ichen Duplicator, wo die Scheiben mit dem Erdboden, wäh-
der Operation selbst, in Verbindung gesetzt werden müssen.
laubt nämlich, dafs zwei isolirte unelektrische flache Kör-
ogleich auf einander wirken, als sie mit ihren Oberflächen
ıder genähert werden, und sich dann nicht mehr in ihrem
:lichen freien Zustande befinden, sondern dafs dabei ent-
:r schon ein Anfang zur Vertheilung ihrer eigenthümlichen
tricität (wiewohl vielleicht ein unendlich schwacher) ge-
ıt, oder wenigstens das Bestreben darnach in ihnen bewirkt
. Dieses Bestreben dauert fort, so lange sie einander ge-
rt bleiben, und sobald der eine auf irgend eine Art durch
ıde Substanzen mit dem Erdboden in Verbindung kommt,
dieses Bestreben in wirkliche Action über, und in beider
ricität geht eine Veränderung vor. Ein Theil des + E in
isolirt gebliebenen Körper zieht sich nach der Seite des
n Körpers, und ein Theil seines — E weicht zurück. Je-
reibt aus dem mit der Erde in Verbindung getretenen Kör-
inen Theil seines + E hinaus, und zieht dafür — E her-
Beides geschieht in einem so äufserst geringen Grade, dafs

wohl nie ein Mittel wird erfunden werden, die vorhergehenden Veränderungen unmittelbar sichtbar zu machen. Indessen ist nun doch schon der erste Anfang von Elektricität da, und es kommt, wie schwach man ihn auch denken will, nur auf eine Vorrichtung an, durch welche man das + E, das der eine Körper verliert, dem andern, der immer isolirt bleibt, zuführt, und wodurch die negative des einen und die positive des andern so lange vermehrt werden, bis endlich durch die dünne Luftschicht hindurch eine Explosion zwischen ihnen eintritt. Man übersieht nach dem Obigen leicht, daſs in dem Bennet'schen Duplicator eine solche Vorrichtung gegeben ist. Werden nämlich in diesem die beiden untersten Scheiben über einander gebracht, so entsteht in beiden, auch ohne alle Mittheilung von Elektricität ein Bestreben nach Vertheilung, das aber, so lange beide isolirt bleiben, ohne Wirkung ist. Berührt aber der Finger die obere Scheibe, so verliert sie etwas von ihrem natürlichen + E und wird nach Entfernung desselben in einigem Grade negativ. Wird nun die dritte oder oberste Scheibe über letztere gebracht, so wird durch die Wirkung dieser negativen Elektricität die Capacität jener obersten Scheibe für positive Elektricität vermehrt, und sie nimmt gerade so viel + auf, als jene in dem ersten Anfange der Operation verloren hatte, und wenn sie dann mit der untersten Scheibe in Berührung gebracht wird, während die mittlere sich über derselben befindet, so geht die übrige positive Elektricität von ihr in die untere über, in Folge der Anziehung der negativen Elektricität der mittleren. Es ist also so gut, als wenn das, was bei der ersten Operation der mittleren Scheibe durch die Finger als Elektricität abgenommen wurde, sogleich und unmittelbar der untersten mitgetheilt worden wäre. Bei jeder neuen Operation wirkt die unterste Scheibe, an welche die Mittheilung geschehen ist, doppelt so stark auf die mittlere, und durch sie auf die obere, als bei der vorhergegangenen, und ihre abstoſsende Kraft nimmt also in jeder Operation um das Doppelte zu. Ist das der Fall, so muſs die Kraft, mit der sie nach der 24sten Operation auf die mittlere Scheibe wirkt $2^{24} = 8644608$mal, und bei der 30sten = 553254912mal so stark seyn, als diejenige, womit sie bei der ersten Operation auf die mittlere Scheibe wirkt. So erklärt nun Bohnenberger, warum der Bennet'sche Duplicator, auch

nn die Scheiben mehrere Tage und Nächte lang von einander
ondert, und mit der Erde verbunden waren, doch nach etwa
bis 26 Operationen Spuren von El. am Elektrometer zeigt,
dann noch 6 bis 8 Operationen mehr bis zur Explosion geht.
gleich findet er aber auch darin einen Grund gegen die An-
ıme von Cavallo, dafs hier eine ursprüngliche von der in
em frühern Versuche mitgetheilten abhängige Elektricität zum
unde liege, da man es doch für minder wahrscheinlich halten
sse, dafs eine mitgetheilte Elektricität so schwach seyn sollte,
ı erst nach einer so ungeheuern Verstärkung, wie die erste
ıl sie anzeigt, auf das Elektrometer zu wirken.

Ich kann dieser Ansicht Bohnenberger's nicht beistimmen,
d glaube für den Unterschied des Verhaltens der beiden Arten
n Duplicatoren, der als auf genauen Versuchen beruhend, an
h selbst nicht bestritten werden kann, eine andere Ursache
chweisen zu können. Es streitet nämlich gegen alle ausge-
ıchten Gesetze der elektrischen Wechselwirkung, dafs zwei
sich indifferent-elektrische Körper, in welchen beiden also
:h die beiden entgegengesetzten Elektricitäten gleichmäfsig
nden und neutralisiren, so auf einander wirken können, dafs
ırch das + des einen, das — des andern stärker angezogen
erden sollte, als es von seinem eigenen + angezogen wird,
auf beiden Seiten durchaus gleiche Kräfte wirken, ja das letz-
re + vielmehr noch den Vorzug haben sollte, da es in der
ımittelbaren Berührung wirkt, jenes hingegen in eine Entfer-
ıng, wie klein sie auch immer seyn möge, wegen der zwischen
n Scheiben befindlichen Luft- oder Firnifsschicht. Dafs
hnenberger hierbei kein galvanisches Verhältnifs im Sinne
ben konnte, ergiebt sich daraus, dafs beim Gebrauche des Du-
catoren keine unmittelbare Berührung der Scheiben statt findet,
d auch eine Verschiedenheit des Metalls, aus welchem die
atten verfertigt sind, hier nicht eintritt, welche beide Bedin-
ngen wesentlich zur galvanischen Elektricitätserregung sind.
llte die Elektricität, welche der Bennet'sche Verdoppler von
lbst, nach dem von Bohnenberger aufgestellten Gesetze erklärt
erden, so müfste die von selbst zum Vorschein kommende
ektricität in allen Fällen positiv seyn, was doch den eigenen
ersuchen desselben widerspricht, indem er Vormittags und
achmittags, oder an zwei auf einander folgenden Tagen die

entgegengesetzten Elektricitäten erhielt, welches ihm zufolge seinen Grund in zufälligen veränderlichen Umständen haben sollte, z. B. in der Beschaffenheit der Atmosphäre und einer Veränderung, in den Dünsten im Zimmer, in der Ausdünstung aus dem Körper des Beobachters, oder aus den Speisen und Getränken, im Ofendampfe u. s. w. Die Hauptursache der freiwilligen Elektricitätserregung beim Bennet'schen Verdoppler und der Unsicherheit seines Gebrauchs, scheint mir in dem galvanischen Verhältnisse zu liegen, das zwischen der vom Finger des Beobachters berührten Scheibe und diesem selbst jedesmal eintritt. Wie schwach auch die in diesem Berührungsacte erzeugte Elektricität seyn mag, so muſs sie doch endlich der obigen Rechnung zu Folge durch wiederholte Operationen mit dem Duplicator merklich werden. Wie z. B. die Finger im Acte der Berührung der Scheibe B + macht, so wird dieses + durch die Entgegenwirkung der Scheibe A etwas condensirt. Wird dann die Scheibe B von A entfernt, so wird diese condensirte Elektricität sogleich eine stärkere Spannung annehmen, und in der Scheibe C, die darauf gesetzt wird, die entgegengesetzte Elektricität hervorrufen, welche dann nach Entfernung der Scheibe B frei wird, und sich der Scheibe A bei der Berührung derselben mittheilt, worauf dann in B abermals durch Vertheilung bei der zweiten gleichen Operation, wie die erste, neue entgegengesetzte Elektricität erzeugt wird, die auf C wieder dieselbe Wirkung ausübt und so fort. Daſs diese Elektricität nicht zu allen Zeiten gleich ausfallen wird, hängt ohne Zweifel von der verschiedenen elektrischen Beschaffenheit des menschlichen Körpers, dem verschiedenen Zustande des berührenden Fingers und dergleichen mehr ab.

Fig. 197.

Uebrigens glaube ich hinsichtlich auf die Berechnung der Vervielfältigung der Elektricität durch den Verdoppler noch die allgemeine Bemerkung machen zu müssen, daſs wenn der Scheibe A irgend ein Quantum E. mitgetheilt wird, das durch 1 bezeichnet werde, in der Scheibe B niemals eine entgegengesetzte Elektricität von gleicher Stärke d. h. durch + 1 niemals − 1 hervorgerufen wird, sondern stets weniger als — 1, weil die Scheiben nicht in unmittelbarer Berührung, sondern entweder durch eine dünne Firniſs- oder Luftschicht von einander ge-

ımt sind, in welcher Hinsicht ich auf den Artikel: *Condentor* verweise [1]. *P.*

Durchdringlichkeit. S. Undurchdringlichkeit.

Durchgang

ırch den Meridian; *transitus per meridiam, culminatio;* passage par le meridien; *the* *ansit.* — Ein Gestirn geht durch den Meridian, wenn es seiner täglichen Bewegung den Mittagskreis erreicht, und ch die Ebene desselben geht. Bei diesem Durchgange hat es weder seine *gröfste* oder seine *kleinste* Höhe über dem Horite erreicht; das letztere findet nur bei den nicht untergehen- Gestirnen statt, wenn sie unterhalb des Poles im Mittagsise erscheinen.

Zur Beobachtung der Zeit des Durchgangs dient das *Mitsfernrohr* oder *Passage-Instrument*, welches in der ne des Meridians beweglich, nur nach Puncten im Meridian ichtet werden kann. Ist es genau richtig aufgestellt, so ist jenige Stern gerade in seinem Durchgange durch den Merin, der von dem Mittelfaden des Fernrohrs bedeckt wird, l eine solche Beobachtung giebt die Zeit des Durchgangs untelbar. Sie kann aber auch durch *correspondirende* hen, nämlich durch Beobachtung der Zeit, wo das Gestirn r und nach der Culmination gleich hoch steht, gefunden rden, jedoch sind da Correctionen nöthig, wenn das Gern in der Zwischenzeit seine Declination ändert.

Wozu die Beobachtung des Durchgangs dient, nämlich zur itbestimmung, wenn man bekannte Sterne beobachtet, und r Bestimmung der Rectascension unbekannter Gestirne wird dem gehörigen Orte erklärt. *B.*

Durchgang

urch die Sonnenscheibe; *Transitus per discum solis;* Passages sur le disque du soleil; *the*

---

1 Vergl. meine Abhandlung in G. IX. 122. G. C. Bohnenberger end. p. 158 ff.



Daſs diese Erscheinungen zuweilen, aber
ten sich ereignen müssen, läſst sich leicht übe
Conjunctionen nämlich, wo *Mercurius* ode
Länge mit der Sonne haben, ist gewöhnlich i
heblich, und sie gehn daher nicht durch die
bei der Sonne vorbei. Nur dann, wenn der
unteren Conjunction dem Knoten so nahe ist, d
bare Breite noch nicht dem Halbmesser der
wird er in der Sonne gesehen. Da aber der
Venus, wenn sie der Erde am nächsten ist,
nute, der Durchmesser des *Mercurius* nur
trägt, so sieht man sie mit bloſsen Augen in
den Sonne nicht, und vor Erfindung der Fer
keine Beobachtung der Durchgänge der Planete

Bestimmung der Zeit eines D

Die Grenze, welche die Breite des Plan
treffen darf, wenn er bei der unteren Conjunct
ne gesehen werden soll, ist für den Mittelpunc
der Summe der scheinbaren Halbmesser der So
neten $= R + r$; denn bei einer so groſsen geo
te würde ein Beobachter im Mittelpuncte de
Fig. 200. eine Berührung des Planeten und der Sonne se
Beobachter auf der Oberfläche der Erde ist je

$sR + r + P - p$, und wenn diese Grenze erreicht ist, geht, lbst für den am vortheilhaftesten gelegenen Ort, der Vorüber-ng in eine bloſse Berührung über. Wenn der Planet diese ocentrische Breite hat, so ist, wenn der Abstand des Plane-n von der Sonne $= A$, der Erde von der Sonne $= a$ ist,

ang. helioc. Breite $= \frac{a - A}{A}$ (Tang. geocentr. Breite) oder bei-

he die helioc. Breite $= \frac{a - A}{A}$ (geocentr. Breite). Diese he-

centrische Breite $= \beta$ wird aber erreicht, wenn der helio-

ntrische Abstand vom Knoten $= \lambda$ durch Sin. $\lambda = \frac{\text{Sin. } \beta}{\text{Sin. } i}$

gegeben wird, und i die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik . Für die *Venus* ist diese Entfernung vom Knoten, wenn n für die mittleren Abstände der beiden Planeten von der ıne rechnet, $= 1° 49'$; sobald *Venus* weiter vom Knoten fernt ist, findet kein Vorübergang mehr statt. Für den *ercur* ist diese Grenze $= 3° 28'$.

Wie man nun die Perioden der Durchgänge findet, will ich r in Beziehung auf die *Venus* zeigen. Die Venus kommt 583 Tage 22 Stunden mit der Sonne in Conjunction, da e Umlaufszeit $= 224$ Tagen $16\frac{3}{4}$ Stunden ist. Da nun jene ischenzeit 218 Tage 16 Stunden über 1 Jahr beträgt, so be-det sich die Erde bei jeder folgenden Conjunction um 215°. weiter vorgerückt in ihrer Bahn, als bei der vorher gehen-n, und nach 5 Conjunctionen ist, (da $(215° 32') \cdot 5 = 360° + 357° 40'$), die Erde beinahe an dem Platze, wo sie der ersten Conjunction war. Nehmen wir also als eine erste njunction eine solche, wo die Erde ein wenig über die Kno-linie der Venus hinaus war, so daſs Venus noch vor der nne vorübergehend erschien, so tritt die sechste Conjunction eder nahe bei dem Knoten ein, und zwar etwas vor der An-nft der Erde in der Knotenlinie, so daſs zum Beispiel ein rübergang der Venus, wobei die Erde 1 Grad über die Kno-linie hinausgerückt war, nach 8 Jahren einen zweiten Vor-ergang, wobei die Erde noch 1° 20′ vor dem Knoten ist, zur lge hat. Aber da nun der Ort der Conjunction bei den näch-n 5 Conjunctionen wieder um $2\frac{1}{3}$ Grad zurückrückt, so be-

der Erde größer ist, und daſs er daher im Mai dem Knoten näher seyn muſs, um uns die Erscheinung eines Durchgangs zu gewähren.

Beobachtungen der Durchgänge.

Kepler war der erste, der einen Durchgang des Mercurius und der Venus ankündigte. Vorher war niemals diese Erscheinung beobachtet; denn wenn gleich Averrhoes [1] den Mercurius in der Sonne gesehen zu haben glaubte, so konnte doch dies bei dem geringen, mit bloſsem Auge nicht zu erkennenden Durchmesser des Mercurius nicht der Fall seyn, und Averrhoes hat vermuthlich einen groſsen Sonnenfleck gesehen. Nach Keplers Vorausberechnung sollte im Jahre 1631 der Mercurius am 7. Nov. die Venus am 6. Dec. durch die Sonne gehen [2]; aber die nach Tycho's Beobachtungen berechneten Tafeln waren noch so wenig genau, daher traf der Venusdurchgang nicht ein, und nur der Mercursdurchgang wurde von Gassendi wirklich beobachtet [3]. Nachher sind die Durchgänge des Mercurius oft beobachtet worden.

Den ersten Venusdurchgang beobachtete Jerem. Horox am 24. Nov. alten Styls 1639; nach *Keplers* Berechnung sollte sie nicht vor der Sonne vorbeigehn, sondern nur sehr nahe auſserhalb vorübergehn; aber die Mängel der Tafeln zeigten sich auch hier, indem ein wirklicher Vorübergang statt fand, wovon indeſs Horox nur den Eintritt kurz vor Sonnen - Untergang sehen konnte [4]. Die beiden folgenden Venusdurchgänge in den Jahren 1761 und 1769 sind mit groſser Sorgfalt an vielen Orten beobachtet worden, da die Wichtigkeit dieser Erscheinung, um die Entfernung der Erde von der Sonne zu bestimmen, von

---

1 Montucla erzählt, daſs Averrhoes (im 13. Jahrh.) versichere, er habe eine Conjunction des Mercurius mit der Sonne berechnet, und an dem Tage den Planeten in der Sonne gesehen. Montucla histoire I. 368.

2 Admonitio ad astronomos de miris, rarisque anni 1631. phaenomenis. Lips. 1629.

3 Epist. ad Schickardum de Mercurio in sole viso et Venere invisa, in Gassendi opp. Tom. IV. p. 499.

4 Jerem. Horoccii Venus in sole visa, in Horoccii opp. posth. Ed. J. Wallis. Lond. 1678.

LLEY [1] zuerst erkannt, es wünschenswerth machte, an ent-
nen und vortheilhaft gewählten Orten die Zeitpuncte des
tritts und Austritts genau zu beobachten. Bei diesen Beob-
tungen nahm man manche Umstände wahr, die eine ge-
e Zeitangabe sehr erschwerten. Daſs man die äuſsere Be-
rung, wo der dunkle Venusrand anfängt in die Sonnenschei-
einzuschneiden, nicht genau wahrnehmen konnte, sondern
sen erst dann gewahr ward, wenn schon ein Theil der Venus
der Sonne war, lieſs sich erwarten; aber desto sicherer
te man auf den Zeitpunct der inneren Berührung, wo die
nus im strengsten Sinne eben ganz eingetreten wäre, gerech-
, bei dessen Beobachtung sich jedoch auch Schwierigkeiten
gten. Die ganz eingetretene dunkle Venusscheibe trennte sich
dlich anscheinend nicht sogleich, nachdem sie ganz einge-
ten war, vom Sonnenrande, sondern WARGENTIN bemerkt,
s er fast eine ganze Minute lang [2], nachdem er die ganze
ndung der Venus in der Sonne gesehen hatte, warten muſste,
sie plötzlich vom Sonnenlicht umgeben, in der Sonne stand
r vom Rande getrennt erschien; und eben so bemerkte man
Upsala, daſs die ganz eingetretene Venus, indem sie tiefer
die Sonne eintrat, noch immer am Rande hängend, länglich,
erstrecke sich eine Erhöhung, wie ein Wassertropfen bis an
Rand, eine geraume Zeit beobachtet wurde, bis endlich
ses die Venus mit dem Sonnenrande verbindende Band zer-
, und die Venus nun auf einmal um $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{8}$ ihres Durch-
ssers von dem Rande entfernt erschien. Auch beim Austritt
r die Erscheinung nicht so bestimmt, wie man etwa erwar-
möchte; WARGENTIN und andere sahen zwar das Verschwin-
des letzten Lichtfadens, der die Venus noch vom Sonnen-
de getrennt hatte, oder sein Zerreissen als eine völlig be-
nmte momentane Erscheinung, die indeſs von KLINGENSTI-
A mit einem stärkern Fernrohre 3 Secunden später wahrge-
mmen wurde; aber MALLET in Upsala sah beim Antritt des
nusrandes den Sonnenrand als ausgebogen, und konnte die

---

1 Philos. Transact. for 1716.

2 ENCKE: Die Entfernung der Erde von der Sonne aus dem Ve-
durchgange 1761. S. 101. und Röhls Merkwürdigkeiten von den
rchgängen der Venus. Greifswalde. 1768.

Zeit, da sich der Sonnenrand öffnete, nur mit einiger Unsicherheit angeben, u. s. w. Diese Verschiedenheiten in dem Wahrnehmen der Erscheinungen [1] machen es schwer, die genau correspondirenden Zeitmomente aus den Beobachtungen an verschiedenen Orten herzunehmen.

Die Erzählung dessen, was bei diesen beiden Venusdurchgängen von den zahlreichen Beobachtern geleistet ist, verdient bei Encke nachgelesen zu werden [2].

Genauere Bestimmung, wie sich der Venusdurchgang an verschiedenen Orten der Erde zeigt.

Wenn ein Planet mit der Sonne in der unteren Conjunction ist, so ist er allemal rückläufig und er geht also so bei der Sonne vorbei, dafs er vor der Conjunction östlich, nachher westlich von ihr steht; eben so ist es auch bei den Vorübergängen, und der *Eintritt* des Planeten geschieht daher an der *Ostseite* der Sonnenscheibe, der *Austritt* an der *Westseite* derselben. Für den Mittelpunct der Erde könnte man die Hauptmomente der ganzen Erscheinung leicht angeben, da aus den Venustafeln und Sonnentafeln die relative Bewegung der Venus gegen die Sonne in der Länge, und die Veränderung der Breite der Venus bekannt ist; auch die Zeit der Conjunction und die Breite der Venus in dem Augenblick, wo die Länge beider Mittelpuncte gleich ist, leicht gefunden wird. Man findet nämlich hieraus leicht den Zeitpunct der äufsern Berührung und der innern Berührung für den Anfang und das Ende des Vorüberganges, wenn man den geocentrischen Abstand der Mittelpuncte von einander sucht, der $= R + r =$ der Summe der Halbmesser ist, für die äufsere Berührung, und $= R - r =$ der Differenz der Halbmesser, für die innere Berührung.

Unter den Puncten auf der Erde, wo man den Vorübergang beobachten kann, sind diejenigen vorzüglich merkwürdig,

---

1 worüber im Art. *Inflexion des Lichts* mehr vorkommen wird.

2 Encke's zwei Schriften haben folgende Titel: 1. die Entfernung der Sonne von der Erde aus dem Venusdurchgange 1761, und 2. der Venusdurchgang von 1769, als Fortsetz. d. Abh. über d. Entf. d. Sonne von d. Erde.

die den Eintritt am frühsten und die ihn am spätesten, und eben so, die den Austritt am frühsten und am spätesten sehen, und dann die, für welche die Dauer des ganzen Vorübergangs am längsten und am kürzesten ist. Jene wollen wir zuerst zu bestimmen suchen.

Wenn die Venus geocentrisch genau im Mittelpuncte der Sonne erschiene, so sähe derjenige Ort, welcher die Sonne im Zenith hat, sie, ohne alle Parallaxe, gleichfalls vor dem Mittelpuncte der Sonne. Ganz strenge findet diese völlige Gleichheit der Erscheinung nicht mehr statt, wenn bei dem geocentrischen Eintritt die Venus um einen scheinbaren Sonnenhalbmesser vom Mittelpuncte der Sonne entfernt ist, aber wir werden hier, wo es auf die strengste Genauigkeit nicht ankommt, es so ansehen dürfen, als ob immer der Ort, wo die Sonne, das heifst, der Mittelpunct der Sonne, im Zenith steht, genau eben die Erscheinungen sähe, welche für den Mittelpunct der Erde berechnet sind. Dann erhellet zuerst, wenn man durch die nach der Sonne S und nach der Venus V vom Mittelpuncte der Erde aus gezogenen Linien eine Ebene legt, die den auf S C senkrechten gröfsten Kreis auf der Erde E F B in B schneidet, dafs von B aus der scheinbare Abstand des Venus-Mittelpunctes vom Centro der Sonne $= D - (P - p)$ ist, wenn er in C oder A, $= D$ war, und P die Parallaxe der Venus, p die Parallaxe der Sonne ist; indem $SCV = D$; $CSB = p$; $CVB = P$, und $SBV = CuB - P = D + p - P$ ist. In B wird also die Venus schon in der Sonne gesehen, wenn sie in C oder A erst eintritt, und es ist offenbar, dafs in B der Eintritt am frühsten, in E am spätsten erfolgt; jedoch sind die Orte B, E, nicht genau diametral einander entgegengesetzt; denn damit in B der scheinbare Abstand $= R - r =$ der Differenz der scheinbaren Halbmesser von Venus und Sonne sey, mufs $D = R - r + (P - p)$ seyn, statt dafs der Abstand D nur noch $= R - r - (P - p)$ ist, wenn in E der Abstand $= R - r$ ist oder in E die innere Berührung statt findet; der Punct A, wo die Sonne für den einen und für den andern Zeitmoment im Zenith steht, ist also um etwas Weniges verschieden, und da B um 90 Grade von dem einen, E um 90 Grade von dem andern entfernt ist, so ist B E nicht genau ein Durchmesser; jedoch werden wir es hier, da die Zwischenzeit zwischen jenen

Fig. 201.

beiden Eintritten nur selten mehr als ½ Stunde betragen kann, so ansehen, als ob ein und derselbe Punct A sich auf den frühsten und spätesten Eintritt bezöge. Für den Austritt gilt genau eben das.

Die Orte B und E liegen auf der Erde 90 Grade von A entfernt, und da in A die Sonne im Zenith steht, so ist sie in B, E im Horizonte, woraus also erhellet, dafs die beiden Orte, welche unter allen am frühsten, und welche unter allen am spätsten den Eintritt sehen, diese Erscheinung sehen werden, wenn die Sonne dem einen aufgeht, und wenn sie dem andern untergeht. Fast immer ist es der Punct, dem gerade die Sonne untergeht, welcher den frühsten Eintritt hat, und der, dem die Sonne eben aufgeht, hat den spätsten Eintritt; und eben so beim Austritt sieht derjenige der eben angegebnen zwei Orte den Austritt zuerst, dem die Sonne untergeht, und derjenige sieht ihn zuletzt, dem die Sonne eben aufgeht [1].

Um diese Orte auf der Erde anzugeben, scheint mir folgendes Verfahren am deutlichsten, und wer zu rechnen weifs, wird die Rechnungen, die ich hier weglasse, leicht daran knüpfen können. Da die geocentrische scheinbare Bewegung der Venus relativ gegen die Sonne bekannt ist, so wird man, wenn C E die Ekliptik, S den Mittelpunct der Sonne, E H O C die scheinbare Sonnenscheibe bedeutet, leicht folgende Zeichnung ausführen. (Fig. 202.) Man nehme E S = S C nach einem willkürlichen Mafsstabe gleich so vielen Theilen, als der scheinbare Halbmesser der Sonne in Secunden beträgt, und zeichne den Kreis E H O C mit diesem Halbmesser; man ziehe S F senkrecht auf E C und mache S F = der in Secunden gegebenen Breite des Venus-Mittelpunctes zur Zeit der Conjunction; man trage auf S E den scheinbaren Längenunterschied zwischen Sonne und Venus auf, wie er zum Beispiel 3 Stunden vor der Conjunction war, und dazu als Ordinate die damalige Breite der Venus, so hat man dadurch einen zweiten Punct der relativen Venusbahn, und wenn man durch diese und durch F die gerade Linie V N zieht, so ist dies die Bahn des Venus-Mittelpuncts durch die Sonnen-

---

1 Die durch Bedingungen, welche selten vorkommen, beschränkten Ausnahmen giebt Schubert an, Traité d'astronomie théorique. Tome II. p. 445.

scheibe für den Mittelpunct der Erde. Geocentrisch tritt also der Mittelpunct in H in die Sonne ein, in O tritt er aus; ist der Mittelpunct in V so findet beim Eintritt die äufsere Berührung geocentrisch statt, dagegen die innere Berührung, wenn der Mittelpunct bei I ist; für den Austritt haben N, L, eine ähnliche Bedeutung.

Eben die Erscheinungen, welche man im Mittelpumcte der Erde sehen würde, sieht der Beobachter, welcher die Sonne im Zenith hat; aber da wegen der Umdrehung der Erde jeden Augenblick ein anderer Punct der Erde die Sonne im Zenith sieht, so mufs man für Orte auf der Oberfläche der Erde die Erscheinungen eines einzigen Zeitmoments allein betrachten. Wir denken uns also die Sonne in dem Zenith eines Ortes gerade in dem Augenblick, da zum Beispiel die innere Berührung beim Eintritt statt findet, oder der Mittelpunct der Venus in I steht, und önnen nun wohl, da der Mittelpunct S der Sonne im Zenith st, den Punct W des Sonnenrandes, wo die innere Berührung eschieht, nach der Himmelsgegend angeben. Zieht man nämch den Meridian S P, so würde P der nördliche Punct des onnenrandes heifsen, und aus der leicht zu berechnenden Lage er Ekliptik gegen den Meridian für diesen Augenblick, und der age der scheinbaren Venusbahn gegen die Ekliptik, ist der unct W bekannt, wo der Eintritt demjenigen erscheint, der en Mittelpunct der Sonne im Zenith sieht. Denkt man sich un einen gröfsten Kreis auf der Erde nach eben der Himmels-egend, wo W in Beziehung auf S P liegt, gezogen, und nimmt af diesem von jenem Orte an 90 Grade, so hat man den Ort, er die Venus jetzt schon mehr als irgend ein anderer Ort auf er Erde eingetreten sieht; dagegen wenn man auf demselben reise nach der entgegengesetzten Richtung 90 Grade fortgeht, hat man den Punct, der die Venus am meisten von der inern Berührung entfernt, diese also noch nicht als eingetreten eht. Die beiden eben bezeichneten Orte können wir also den rt der frühsten und den Ort der spätesten innern Berührung eim Eintritt nennen, obgleich sie dieses sofern nicht ganz geau sind, als die frühste Berührung schon vorüber ist, wenn r Ort, den wir eben betrachten, die Sonne im Zenith hat, id die Betrachtung also genau genommen auf einen Ort, der vas eher die Sonne im Zenith hatte, sollte angewendet wer-

den. Der Ort, wo der frühste Eintritt erfolgt, liegt allemal östlich in Beziehung auf den Pol der Ekliptik und fast immer auch östlich in Beziehung auf den Pol des Aequators, und man kann daher meistens sagen, die Sonne geht demjenigen Puncte der Erde gerade unter, der den Eintritt am frühsten sieht, so dafs dieser von dem Vorübergange *nur den Eintritt* sieht; dagegen geht die Sonne dem Orte auf, der den Eintritt am spätesten sieht, und diesem Orte zeigt sich also der ganze Vorübergang. Das Gegentheil gilt für den Austritt, wo man die Betrachtungen eben so anstellt.

Bei dem *Venusdurchgange* von 1769 lag der Punct des frühsten Eintritts in der Gegend von Mannheim, und jeder Ort, welcher um einen Bogen $= \zeta$ von da entfernt war, sah den Eintritt um $(7' 2'')$. Sin. vers. ζ später; der späteste Eintritt erfolgte etwas südlich von Neuseeland 14 Minuten später als in Mannheim. Der späteste Austritt erfolgte im südlichen Arabien, der früheste Austritt in der Südsee zwischen der Osterinsel und den niedrigen Inseln.

Wenn man durch einen gröfsten Kreis um den Ort, der die Sonne beim Eintritt im Zenith sieht, die Erde in zwei Hemisphären theilt, so hat man dadurch alle die Orte eingegrenzt, die kurz nach dem Eintritt die Sonne über dem Horizonte sehen, und die also den Eintritt beobachten können, wenn nicht, wie bei einigen der Fall ist, die Venus wegen der Parallaxe aufserhalb der Sonnenscheibe bleibt, bis die Sonne untergegangen ist; und eine ähnliche Bestimmung giebt für die Zeit des Austrittes die Orte an, welche den Austritt sehen können, und damit sind die Hauptumstände der Erscheinung bestimmt. Aber noch eine wichtige Untersuchung bietet sich dar, nämlich die Frage, *an welchem Orte der Erde der ganze Vorübergang am längsten, und an welchem Orte er am kürzesten dauern wird.* Es kommt dabei auf zwei Umstände an, erstlich dafs die Chorde, welche die über die Sonnenscheibe gehende Venus beschreibt, an verschiedenen Orten ungleich ist, und zweitens dafs die Rotation der Erde an einigen Orten die Dauer des Durchgangs vermehrt, an andern sie vermindert.

Wenn die Venus vor dem nördlichen Theile der Sonne vorbeigeht, so sehen die nördlicher auf der Erde Wohnenden vermöge der Parallaxe die Venus eine gröfsere Sehne beschreiben

als die südlicher Wohnenden und, darnach zu urtheilen, müfste die Dauer des Vorübergangs in den nördlichen Gegenden gröfser seyn; aber der zweite Umstand kann diese Einwirkung zum Theil aufheben. Denken wir uns nämlich um die Zeit, da die Venus ungefähr in der Mitte des Durchgangs ist, den Ort, wo die Sonne im Zenith steht, so rückt dieser Ort vermöge der Drehung der Erde der fortrückenden Bewegung der Venus entgegengesetzt fort, und dadurch wird das scheinbare Hindurchrücken durch die Sonne beschleunigt und die Zeit des Durchgangs verkürzt; das geschieht nicht blofs für den Ort, welcher die Sonne im Zenith hat, sondern für alle Orte auf der der Sonne um diese Zeit zugekehrten Seite der Erde, am meisten für die näher am Aequator liegenden, weil ihre Bewegung schneller ist. Dagegen haben die auf der andern Seite der Erde liegenden Orte, die um diese Zeit Mitternacht haben, eine Bewegung, die nach eben der Richtung geht, wie die Bewegung der Venus, und dies würde (wenn um die Zeit die Venus und Sonne von ihnen gesehen werden könnte,) den Durchgang verzögern, weshalb denn der ganze Durchgang ihm länger dauernd erscheint, und wenn sie den Eintritt vor Sonnenuntergang sahen und den Austritt nach Sonnenaufgang, so wird die Beobachtung diese längere Dauer ergeben. Die Orte, wo die ganze Dauer am gröfsten oder am kleinsten ist, müssen nach dieser doppelten Rücksicht bestimmt werden; es erhellet aber, dafs die längste Dauer in der Gegend desjenigen Meridians seyn wird, wo Mitternacht ist um die Zeit der Conjunction, und die kürzeste Dauer da, wo Mittag ist, wenn die Venus mitten in der Sonne steht. Genauer findet man die Puncte der längsten und kürzesten Dauer, wenn man um den Punct des frühsten Eintritts als um einen Pol Parallelkreise zieht, welche die Orte, wo der Eintritt 1 Min. später, 2 Min. später, 3 Min. später geschieht, bezeichnen, und wenn man eben solche Kreise um den Punct des spätsten Austritts zieht; da läfst sich dann leicht die Dauer für jeden Ort finden, und der Ort der gröfsten Dauer erkennen. Aber der letztere Ort, den wir so bestimmt haben, dafs wir die Gesichtslinien durch die Erde hindurch gehend dachten, ist vielleicht zur Beobachtung ganz untauglich; denn die Gegend in Kleinasien zum Beispiel, welche 1769 am 3. Juni, die gröfste Dauer hätte beobachten sollen, hatte längst Nacht,

ehe die Venus eintrat, und noch nicht wieder Tag, als sie austrat; also konnte damals die wirkliche Beobachtung der möglichst längsten Dauer nur in Gegenden angestellt werden, die, ziemlich entfernt von jenem Puncte, durch die Kürze ihrer Nacht in sehr nördlichen Breiten, die Beobachtung, sowohl des Eintritts als des Austritts erlaubten. Solche Orte waren die im nördlichsten Theile von Schweden, wo deshalb mehrere Beobachter hingesandt wurden, und wo die Zeit zwischen beiden innern Berührungen 5 Stunden 53 Min. betrug, statt daſs sie in Otaheite in der Nähe des Punctes der kürzesten Dauer nur 5 Stunden 30 Minuten war.

Anwendung der Venusdurchgänge zur Bestimmung der Sonnenparallaxe.

Bisher sahen wir die ganze Berechnung so an, als ob die Parallaxen der Venus und der Sonne bekannt wären, indem der Unterschied dieser Parallaxen $= P - p$ allen Bestimmungen zum Grunde liegt; aber es läſst sich leicht übersehen, daſs man eben so gut aus den beobachteten Zeitmomenten des Durchgangs die Parallaxe bestimmen kann, als man umgekehrt jene berechnen konnte, wenn diese gegeben war.

Obgleich wir aber hier die Gröſse beider Parallaxen nicht als bekannt ansehen, so ist doch ihr Verhältniſs bekannt, indem die *verhältniſsmäſsigen* Abmessungen der Planetenbahnen sehr genau bekannt sind, wenn gleich die *absoluten* Gröſsen keinesweges strenge bestimmt sind. Setzt man also die Parallaxe der Venus $= P = m\,p$, gleich der m fachen Sonnenparallaxe, so ist m für die Zeit des Durchgangs bekannt, und die Sonnenparallaxe kommt allein noch als unbekannte Gröſse vor. Wie man diese findet, wird hinreichend aus folgender Betrachtung erhellen. Wenn die Zeit der geocentrischen innern Berührung berechnet ist, welche von den Parallaxen nicht abhängt, so ist die Zwischenzeit, welche zwischen der frühesten innern Berührung auf der Oberfläche der Erde und der geocentrischen Berührung verflieſst, und eben so die Zwischenzeit zwischen dieser und der spätesten Berührung, der Sonnenparallaxe proportional; hätte also eine gewisse, vielleicht unrichtig angenommene Sonnenparallaxe einen bestimmten Werth dieser Zwischenzeiten ge-

ben, und die Beobachtung gäbe einen andern Werth, so wür- sich die wahre, der Beobachtung entsprechende Sonnenpa- llaxe daraus ergeben. Etwas Aehnliches gilt von jeder Beob- htung, oder richtiger, da die geocentrischen Erscheinungen cht durch Beobachtung geprüft werden können, für die Ver- eichung zweier an weit von einander liegenden Orten ange- llter Beobachtungen.

Man hoffte, mit Hülfe dieser Beobachtungen die Sonnen- rallaxe, die etwa $8\frac{3}{4}$ Secunden beträgt, bis auf ein Hundertel ner Secunde genau bestimmen zu können, indem die Rechnung gab, dafs zum Beispiel bei dem Durchgange 1769, in Lapp- nd die ganze Zeit des Durchgangs 160mal so viel Zeitsecunden nger als auf Otaheite dauern sollte, als die Sonnenparallaxe aumsecunden beträgt, und man nun schlofs, der beobachtete nterschied der Dauer an beiden Orten = 23 Min. = 1380 Se- unden werde sich bis auf einige wenige Secunden ergeben, also $= \frac{1380}{160} = 8\frac{5}{8}$ Sec. etwa nur um $\frac{2}{1380}$ oder $\frac{1}{700}$ des Gan- n, was nicht viel über 0,01 Sec. betrüge ungewifs seyn. So nau aber stimmen die Beobachtungen nicht zusammen, und ch Encke's sorgfältiger Vergleichung *aller* Beobachtungen läfst ch aus beiden beobachteten Vorübergängen nur folgendes hliefsen. Aus dem Durchgange 1761, die Sonnenparallaxe : 8″,5309, mit einem möglichen Fehler von $\pm$ 0,062 Secun- n; aus dem Durchgange 1769, die Sonnenparallaxe = 8″,6030 t einem möglichen Fehler von $\pm$ 0″,046, wo unter Sonnen- rallaxe die unter dem Aequator statt findende Horizontalpa- llaxe zu verstehen ist. Wir können also die Sonnenparallaxe 8″,577, als nur etwa um 0″,04 unsicher ansehen, und die tfernung der Erde von der Sonne = 20666800 Meilen ange- n, oder wenigstens behaupten, dafs diese Entfernung nicht ter 20577649 und nicht über 20755943 Meilen ist.

Warum die *Mercurs-Vorübergänge* zu diesen Bestim- ungen nicht brauchbar sind, erhellet leicht, nämlich weil rcur zu entfernt und seine Parallaxe nicht genug von der Son- nparallaxe verschieden ist. Aus diesem Grunde ist die Zeit s frühesten und spätesten Eintritts nur wenig verschieden, die gste Dauer des Durchgangs nicht so stark abweichend von r kürzesten Dauer u. s. w. *B.*

Durchsichtigkeit.

Pelluciditas; Transparence, diaphanéïté; *Transparency;* ist die Eigenschaft der Körper, vermöge welcher sie Lichtstrahlen durchlassen. Das Gegentheil heifst *Undurchsichtigkeit; impelluciditas.* s. *opacitas;* opacité; *opacity.*

Es giebt keinen Körper, der alles Licht so vollkommen durchliefse, dafs nicht einiger Lichtverlust beim Durchgange statt fände; keiner ist also *vollkommen durchsichtig;* aber die Grade der Durchsichtigkeit sind sehr verschieden.

Hypothesen über die Ursache der Durchsichtigkeit.

Die Durchsichtigkeit richtet sich nicht nach der ungleichen Dichtigkeit der Körper, und ganz unrichtig würde es seyn, wenn man diejenigen Körper als die durchsichtigsten sich denken wollte, die am wenigsten Dichtigkeit besitzen, vielmehr ist es bekannt, dafs das schwere Glas durchsichtig ist, während Holz und Papier es nicht sind.

Die Meinung des Cartesius [1], die Durchsichtigkeit finde da statt, wo die leeren Zwischenräume in geraden Linien liegen, bedarf kaum einer Widerlegung, da man nicht einsieht, wie Körper dann nach allen Richtungen durchsichtig seyn sollte, da doch unmöglich diese geraden Linien, nach welchen die Zwischenräume geordnet seyn sollen, nach allen Richtungen gehen könnte.

Weit mehr hat Newtons Ansicht für sich, der [2] die Undurchsichtigkeit als Folge der im Innern der Körper vorgehenden Zurückwerfungen des Lichts ansieht, diese aber nur da annimmt, wo Zwischenräume, mit einem Medio von anderer Dichtigkeit gefüllt, vorkommen. Er bemerkt, dafs da, wo der Lichtstrahl aus einem Körpertheilchen in ein anderes, die Lichtstrahlen eben so stark brechendes, übergeht, weder Refraction noch Reflexion statt finde, da hingegen, wo der Strahl an eine Materie von anderer Dichtigkeit oder von anderer Brechungskraft

---

1 Cartesii Dioptrica Cap. I.

2 Optice. Lib. II. Pars. 3.

langt, auch ein Theil des Strahls zurückgeworfen werde. Dafs
e Zerstreuung und das Verlorengehen des Lichtes in der That
erauf wenigstens zum Theil beruht, sieht man deutlich, wenn
Glase oder in andern durchsichtigen Körpern kleine Bläschen
d; diese sieht man, wenn der Lichtstrahl auf sie fällt, durch
rückgeworfenes Licht, und je mehr durch sie Licht zurückge-
rfen oder zerstreut wird, desto weniger dringt hindurch und
sto mehr geschwächt erscheint der durchgehende Lichtstrahl.

Nach Newton können also nur diejenigen Körper durch-
htig seyn, die von sehr gleichförmiger Dichtigkeit sind, und
asser, Glas, Bergkrystall und andere ähnliche Körper schei-
n wirklich diese gleichförmige Dichtigkeit in hohem Grade zu
ben. Von den flüssigen Körpern, bei denen die leichte Ver-
hiebbarkeit der Theilchen auf einer nach allen Seiten genau
eichen Anziehung zu beruhen scheint, läfst sich also erwarten,
fs sie sehr durchsichtig seyn werden, wie es auch bei Wasser,
aft und andern ungemischten Flüssigkeiten der Fall ist. Zur
nterstützung dieser Ansicht läfst sich Manches beibringen,
m Beispiel das [1] von Brewster angegebene Verfahren, um
e undurchsichtigen Stücke von Glas, Edelsteinen u. s. w. durch
intauchen in eine Materie von gleicher Brechungskraft durch-
chtig zu machen; das bekannte Mittel, dem völlig undurch-
chtigen Papier dadurch, dafs man es mit Oel tränkt, einen
wissen Grad von Durchsichtigkeit zu geben, die daher zu rüh-
n scheint, dafs die vorhin mit Luft gefüllten Poren nun mit
ner Materie gefüllt sind, welche fast eben die anziehende Kraft
f die Lichtstrahlen ausübt, wie die Theilchen des Papiers
lbst. Der Hydrophan, das Weltauge, ein Stein, der von den
ineralogen als eine Abart des edlen Opals angesehen wird [2],
ird durchsichtig, wenn er Wasser oder andere Flüssigkeiten
sich aufgenommen hat, statt dafs er sonst undurchsichtig ist;
enn man ihn lange in geschmolzem Wachse digerirt, so ist
ine Durchsichtigkeit so lange er heifs ist, schöner, als wenn
blofs Wasser in sich aufgenommen hat, und diese gröfsere
urchsichtigkeit rührt offenbar davon her, dafs das Wachs die

1 Vergl. Art. *Brechung*. Nro. 13. Th. I. S. 1143.
2 Glockers Grundrifs der Mineralogie S. 210.

Lichtstrahlen mehr bricht, als das Wasser, und also in dieser Hinsicht der Materie des Hydrophans näher steht als das Wasser [1].

Nach diesen und ähnlichen Erfahrungen scheint es allerdings, als ob die Bedingung der Durchsichtigkeit darin bestehe, dafs die Einwirkung aller einzelnen Körpertheilchen auf das Licht beim Durchgange durch den Körper völlig gleich oder doch sehr nahe gleich sey. Indefs ist es wohl nicht das im Innern des Körpers reflectirte Licht allein, was verloren geht, sondern es scheint doch auch in dem eigentlich sogenannten undurchsichtigen Körpern eine Absorption des Lichtes, ein für unsern Gesichtssinn völliges Verlorengehen des Lichtes, statt zu finden, über dessen eigentlichen Grund wir weiter nichts wissen; bei dieser Absorption scheint wenigstens das mit Wärme verbundene Licht immer eine Erhitzung des Körpers hervorzubringen.

Hieran knüpft sich die Frage, welche der beiden Hypothesen, die man zur Erklärung der Phänomene des Lichts aufgestellt hat, die *Emanationshypothese* oder die *Vibrationshypothese*, am passendsten für die Erklärung der Durchsichtigkeit, sey. Jene nimmt an, das Licht bestehe aus Theilchen, die vom leuchtenden Körper ausgehen und mit grofser Schnelligkeit sich fortbewegen; diese dagegen sieht die Erscheinungen des Lichts als durch Schwingungen des Aethers hervorgebracht an. Jene also ist genöthigt anzunehmen, dafs der durchsichtige Körper, wie grofs seine Dichtigkeit auch immer seyn mag, die Lichttheilchen hindurch lasse; und man hat es dieser Hypothese nicht ganz mit Unrecht zum Vorwurfe gemacht, dafs sie ja die Körper als nach allen Richtungen durchlöchert betrachten müsse, und wenn sie gleich diese Löcher als sehr zart voraussetze, doch ihrer unendlich viele bedürfe, um den unzähligen Lichtstrahlen Raum zu geben. Aber ein gleich bedenklicher Vorwurf scheint auch die Vibrationshypothese zu treffen; denn wenn man annimmt, dafs der in den Poren des durchsichtigen Körpers enthaltene Aether die Vibrationen fortpflanze, so läfst sich der eben erwähnte Vorwurf auch gegen diese Hypothese anwenden; will man aber behaupten, dafs die Materie des Körpers selbst in Vibrationen gerathe, die Vibratio-

---

1 Grens Journ. d. Physik. VII. 143.

n also durch sich hindurch fortpflanze und dadurch die Er-
heinungen des Lichtes an der andern Seite hervorbringe, so
heint es sehr schwer begreiflich, wie die ungemein grofse Re-
lmäfsigkeit bei dem Durchlassen des Lichts statt finden könne.
ese Schwierigkeiten entstehen indefs bei beiden Hypothesen
züglich daraus, dafs unsere Vorstellungen von Bewegung,
n Widerstand, den die Bewegung leidet, u. s. w. sich viel zu
ur an die sehr stark in die Sinne fallenden Erscheinungen an-
üpfen.

Die Erscheinung, welche sich uns beim Durchgange des
httheilchens (wenn es mir erlaubt ist, so zu reden) durch
en festen durchsichtigen Körper darbietet, stimmt vollkom-
n mit den Gesetzen der anziehenden Kräfte überein [1]; das
ttheilchen findet durch den festen durchsichtigen Körper
en Weg mit eben der Sicherheit und Regelmäfsigkeit, wie
geworfene Körper seinen Weg durch die Luft findet. Dies
de uns nicht im Mindesten sonderbar vorkommen, wenn
uns ein solches Ausweichen der Theilchen des festen Kör-
denken könnten, wie wir es uns bei den Lufttheilchen den-
, welche der geworfene Körper auf seinem Wege antrifft,
die Schwierigkeit, die ich oben erwähnte, kann daher eben
wohl in einer unrichtigen Vorstellung von der Härte der
per, wonach ihre Theilchen dem eindringenden Lichttheil-
nicht ausweichen, liegen, als in einer unrichtigen Vorstel-
vom Lichte. Dürften wir sagen, das Lichttheilchen treibe
so die Theilchen des durchsichtigen Körpers aus dem We-
wie der geworfene Körper die Luft, und dieses sey nur,
es so unendlich wenig beträgt, uns nicht merklich, —
e Materie sey so hart, dafs sie nicht eine hinreichende Ver-
bbarkeit der Theilchen besitze, um den feinen und schnel-
Lichttheilchen auszuweichen, — dürften wir dies sagen,
äre alle Schwierigkeit gehoben, die das Hindurchgehen der
ttheilchen betreffen.

Die Schwierigkeit, welche der Behauptung, das Lichttheil-
folge den Gesetzen der anziehenden Kräfte, sich entgegen-
t, wenn man die an der Oberfläche jedes durchsichtigen

---

1 Vergl. Art. *Brechung* Nr. 24. Th. I. S. 1153. Art. Doppelte
hung Nr. 9. Th. I. S. 1179.



einzig die Metalle, als wahrhaft undurchsicht
ren) aus harten und weichen Theilchen ge
Die weichen Theilchen, als unfähig die Undulat
zen, wären Ursache der Undurchsichtigkeit; a
das Licht so mächtig reflectiren, so müsse ma
sie auch harte Theilchen, die diese Zurückw
enthielten. Die durchsichtigen Körper bestän
harten Theilchen, die Elasticität genug besäl
bindung mit den Aetherthcilchen die Vibrati
zen [1]. L. Euler sieht es als eine nothwe
durchsichtiger Körper an, dafs die Theilchen d
sammendrückung leiden, und die durch die
Aethers ertheilten Vibrationen von einem Thei
mittheilen können [2].

Versuche über die Durchsich Körper und den Lichtverl Durchgange durch dies

Selbst die Körper, die wir als undurcl
gewohnt sind, lassen, wenn sie in sehr dün
schnitten werden, Licht durch, wenigstens f
len derselben statt. Es liefse sich daher ei
messung der Durchsichtigkeit denken, näml

meter würde sich hierzu mehr, als zur Abmessung des ichtes verschiedener leuchtender Körper schicken [1].

Die Untersuchungen über den Grad der Durchsichtigkeit ind nur von Wichtigkeit bei denjenigen Körpern, durch welhe wir zu sehen pflegen, also vorzüglich beim Glase, über dessen Durchsichtigkeit LAMBERT, BOUGUER und RUMFORD Versuhe angestellt haben. LAMBERTS Versuche sind ungefähr auf olgende Art angestellt [2]: Wenn man zuerst sich einen vollommnen durchsichtigen Körper denkt, so ist offenbar, dafs lles auffallende Licht sich in durchgehendes und in zurückgeorfnes zerlegt; daher wenn man zwei gleiche Glastafeln A C, B D, auf A B senkrecht aufstellt, und parallele Strahlen E C, F D, G B auffallen läfst, so wird der Raum A B vermittelst er durch B D durchgehenden und der von A C zurückgeworenen Strahlen genau so erleuchtet werden, wie vom freien chte, wenn der Abstand A B so gewählt ist, dafs F D gerade ch A gelangt, und folglich E C nach B zurückgeworfen wird.

Fig. 203.

Wenn man die zurückwerfende Glasscheibe anders neigte, e C D es zeigt, so ist die Menge des von C D zurückgeworfen Lichtes gröfser, und man kann daher durch eine Aenderng des Neigungswinkels D C A die Menge des auf C E auffalnden Lichtes vermehren, und dadurch den Verlust, der beim archgange durch A B statt findet, ersetzen. Nach diese Uerlegungen wird folgender Versuch, bei dessen genauer Bechnung die Artikel *Erleuchtung* und *Zurückwerfung* hotometr. Unters. über die Zurückwerfung) zu Rathe gezogen erden müssen, verständlich seyn. Man stelle auf einer weiem Fläche C A eine darauf senkrechte Glasplatte auf, für welhe die Schwächung des durchgehenden Lichtes soll untersucht erden. Man lasse parallele Lichstrahlen M B, I K auf sie uffallen, die durch sie hindurchgehend den Raum bis an C, en man deshalb zum untersten Puncte der zweiten Platte ählt, erleuchten; diese zweite Platte C D, auf welche gleichlls Lichtstrahlen L D, M C, den vorigen parallel auffallen,

Fig. 204.

Fig. 204.

---

1 Lampadius Beiträge zur Atmosphärologie. Accum über d. Gascht. übers. von Lampadius 1816. p. 31.

2 Photometria. §. 332 und 459.

bringt man nach und nach in verschiedene Stellungen, bis der Raum C E, der vermittelst der durch die erste Platte durchgelassenen und der von der zweiten Platte zurückgeworfenen Strahlen erleuchtet wird, sich eben so hell erleuchtet zeigt, als ein daneben liegender von frei auffallendem Lichte erleuchteter Raum. Hat man diese Stellung gefunden, so mifst man alle Winkel und rechnet so, wie ich es jetzt an einem von Lambert gegebnen Exempel zeigen will.

Es war M C A = 49°, also C B A = 41°, da A B senkrecht auf A C stand; ferner D C E = 74½°, also D C B = 25½°, und eben so grofs ist E D C, als Zurückwerfungswinkel, der dem Einfallswinkel gleich ist, folglich D E C = 80°.

Das frei auf die Ebene A C auffallende Licht war also unter dem Winkel M C E = 41° gegen die Ebene, oder unter dem Winkel = 49° gegen das Einfallsloth geneigt, und da die Erleuchtung dem Sinus des letztern Winkels proportional ist, so betrug sie nur 0,7547 von dem, was bei senkrecht auffallendem Lichte statt fände. Eben so grofs war die Erleuchtung in C E, die wir nun berechnen wollen. Lambert wufste aus andern Versuchen, dafs bei dem Winkel C B A = 41°, das durchgehende Licht, selbst bei *vollkommener* Durchsichtigkeit nur 0,8704 des auffallenden beträgt, indem das übrige reflectirt wird, aber die Erleuchtung, welche dieses Licht = 0,8704 in C E hervorbringt, ist nun wieder nur dem Sin. 49° = 0,7547 proportional, also = 0,8704 × 0,7547 = 0,6569. So grofs wäre die Erleuchtung, wenn gar kein Licht verloren ginge, und kein andres Licht durch Zurückwerfung hinzukäme. Aber eben die Versuche hatten ihn gelehrt, dafs von dem Lichte was unter einem Winkel = B C D = 25½ Gr. auffällt, nur 0,2623 zurückgeworfen wird, welches da D E C = 80° ist, eine Erleuchtung = 0,2623 × Sin. 80° = 0,2623 × 0,9848 = 0,2587 hervorbringt. Die Summe der Erleuchtung in C E, wenn das Glas vollkommen durchsichtig wäre, würde also seyn 0,6569 + 0,2587 = 0,9156. Wegen der mindern Durchsichtigkeit des Glases müfsten wir aber den ersten Theil = 0,6569 − x setzen, also 0,6569 − x + 0,2587 = 0,9156 − x. Aber eben diese Erleuchtung ward der directen Erleuchtung = 0,7547 gleich gefunden, also x = 0,1609, welches nahe $\frac{1}{6}$ oder zwi-

ıen $\frac{4}{25}$ und $\frac{5}{31}$ ist. Also ein bei dem zum Versuche gewähl-
ı grünen Glase sehr erheblicher Lichtverlust.

Rumford's Versuche [1] sind einfacher. Er bediente sich
eier Argand'scher Lampen, die durch Vergröſserung oder Ver-
inerung des Dochtes zu einer völligen Gleichheit gebracht
rden. Stellte man diese in gleiche Entfernungen von dem
ncte, wohin beim Rumford'schen *Photometer* die Schatten
en, so fand sich die Erleuchtung gleich, oder vielmehr in
: Beobachtung dieser gleichen Erleuchtung lag eben das Mit-
, sich von der Gleichheit der Lampen zu überzeugen. Jetzt
rd vor die eine Lampe die Glasplatte gestellt, deren Durch-
htigkeit man bestimmen wollte, und sodann die so ge-
ıwächte Lampe näher gerückt, bis die Erleuchtung beider
eder gleich war. Die ungleiche Entfernung gab dann [2] das
ſs der Erleuchtung wie es seyn würde, wenn die Glasplatte kei-
ı Lichtverlust bewirkte und folglich erhielt man so die Gröſse
ı Lichtverlustes. Diese Versuche haben in Vergleichung mit
ı Lambert'schen den Nachtheil, daſs sie nicht eigentlich den
ıd der Durchsichtigkeit bestimmen, sondern den gesammten
htverlust, der vorzüglich durch Zurückwerfung an beiden
ırflächen entsteht, also nicht das absorbirte Licht allein an-
ın [3]. Rumford fand, daſs ein feines, gut polirtes Spiegel-
nur 0,8027 des auffallenden Lichtes durchlieſs; mehrere
ıuche gaben den Lichtverlust zwischen 0,172 und 0,211.
sehr dünnen Tafeln von hellem, farbenlosem, ungeschliffe-
Glase war der Verlust nur 0,126. Diesen gesammten Licht-
ust zu kennen ist bei Fernröhren wichtig, um das zu be-
ımen, was Herschel ihre raumdurchdringende Kraft nennt.
er hat auch Herschel ihn zu bestimmen gesucht, jedoch
für Gläser von geringer Dicke, wie sie ungefähr bei opti-
n Gläsern von kurzen Brennweiten vorkommen; er fand,
ein solches Glas 0,948 des Lichtes durchlieſs [4].

---

1 Grens neues Journal. II. 44.
2 Vergl. *Erleuchtung*.
3 Bouguer hat schon ein ganz ähnliches Verfahren angegeben in
r: Optice de diversis luminis gradibus dimetiendis. p. 10.
4 Astron. Jahrb. 1804. S. 237

An die eben erwähnten Untersuchungen läſst sich noch eine Reihe von Folgerungen anknüpfen. Wenn eine Glasplatte das Licht in dem Verhältniſs 0,8 zu 1 schwächt, so wird, wenn dieses geschwächte Licht auf eine zweite Platte fällt, nur 0,8 des noch übrigen Lichts durchgehen, also lassen zwei Platten nur 0,64 des zuerst auffallenden Lichtes durch, drei Platten nur 0,512 oder etwa nur die Hälfte des auffallenden Lichts, sechs Platten nur etwa ein Viertel, neun Platten nur ein Achtel, 12 Platten nur $\frac{1}{16}$, 15 Platten nur $\frac{1}{32}$ des auffallenden Lichtes u. s. w. Stellt man also sehr viele Glasplatten vor einander, so werden sie endlich einen kaum noch merklichen Theil des Lichtes durchlassen oder sich endlich als undurchsichtig zeigen. Bouguer hat[1] einen solchen Versuch mit Glastafeln, die das Licht etwas stärker schwächten, angestellt, wo nämlich 16 Glastafeln nur $\frac{1}{247}$ durchlieſsen; wenn man von solchen Tafeln 74 vor einander stellte, so war durch sie, selbst wenn die Sonne hoch am Himmel stand, nur noch ein matter Schein des Sonnenlichts übrig. Die Rechnung zeigt, daſs 74 Gläser dieser Art nur $\frac{1}{11647200000000}$ durchlassen, und da Bouguer sich überzeugt hielt, daſs 80 Gläser, welche der Rechnung zufolge nur $\frac{1}{919358636007}$ durchlassen, uns als völlig undurchsichtig erscheinen würden, so haben wir da ein Beispiel, wie die völlige Undurchsichtigkeit aus dem allmähligen Lichtverluste entspringt. Eine Masse Meerwasser von 679 Fuſs Dicke würde, nach Bouguers Versuchen, eben so gar keine Sonnenstrahlen mehr durchlassen, das heiſst, kein unserm Auge noch merkliches Licht.

Bestimmung des Lichtverlustes beim Durchgange des Lichts durch die Atmosphäre.

Wenn ein gleichartiger Körper nicht vollkommen durchsichtig ist, so nehmen wir an, daſs der Lichtverlust bei gleichem Fortgange ein bestimmter Theil $= \frac{1}{n}$ des noch übrigen Lichtes, überdas aber der Zunahme des durchlaufenen Weges

---

1 Optice. p. 132.

portional sey. Heifst daher s der durchlaufene Weg, v noch vorhandene Lichtmenge oder Lichtstärke, so ist

$$dv = -\frac{1}{n} v \, . \, ds, \text{ also}$$

$$-\frac{dv}{v} = \frac{1}{n} ds,$$

$\frac{A}{v} = \frac{1}{n} s$, wo A die beigefügte Constante ist. War also Lichtstärke $= a$ für $s = 0$, so ist $\log. \frac{a}{v} = \frac{1}{n} s$,

r $v = a \, . \, e^{-\frac{1}{n} s}$, wo e die Grundzahl der natürlichen arithmen ist. Um die Zahl n zu bestimmen, müfste v durch n Versuch für einen gegebenen Werth von s bekannt seyn. am Ende des Art. *Aether* geführte Rechnung giebt ein Beil hierzu.

Um die Schwächung des durch die ganze Atmosphäre zu gelangenden Lichtes zu bestimmen, dient folgende Ueberleg: Wäre die Erde eine Ebene und die Schichten gleicher Dicheit in der Atmosphäre mit ihr parallel, so würde für jeden ef einfallenden Strahl die Länge des Weges in jeder Schicht Fig. 205. . Sec. A B D oder v w = t u . Sec. A B D seyn, wenn er den verticalen Strahl = s ist. Und obgleich wegen der in Höhe abnehmenden Dichtigkeit der Lichtverlust anders antzt werden müfste, nämlich für jede Luftschicht der Dicheit proportional, so ist doch der ganze Lichtverlust, wenn D = γ ist, für den Strahl D B durch die Gleichung

$$v = a \, . \, e^{-\frac{1}{n} s . \, Sec. \, \gamma}$$

ben, wenn für den Strahl A B,

$$v = a \, . \, e^{-\frac{1}{n} s}$$

und v bedeutet die Intensität des noch übrigen Lichts, a Intensität des Lichtes, wie es an der äufsersten Grenze der nosphäre ist. Die Erde ist nun zwar keine Ebene und die tschichten sind kugelförmig; aber für nicht zu grofse Ab-

stände vom Zenith kann man die vorige Rechnung als ziemlich richtig beibehalten.

LAMBERT führt einen Versuch von BOUGUER an, nach welchem die Intensität des Sonnenlichtes bei 66 Grad Höhe $1\frac{1}{2}$ mal so grofs als bei 19° Höhe ist, also

$$e^{-\frac{1}{n}s.\ \text{Sec.}\ 24°} : e^{-\frac{1}{n}s.\ \text{Sec.}\ 71°} = 3 : 2$$

oder $\frac{1}{n}$ s. Sec. 71° $= \log. \frac{3}{2} + \frac{1}{n}$ s. Sec. 24°

und $$\frac{1}{n}s. = \frac{\log.\ \text{nat.}\ \frac{3}{2}}{\text{Sec.}\ 71° - \text{Sec.}\ 24°}$$

$$= \frac{0{,}405465}{1{,}97692} = 0{,}2051.$$

Die Intensität des vertical zur Erde gelangenden Lichts ist also:

$$v = a\ .\ e^{-0{,}2050}$$

$$v = a.\ 0{,}8141,$$

oder der Lichtverlust beim verticalen Durchgange durch die Atmosphäre beinahe $= \frac{1}{5}$.

LAMBERT giebt die Schwächung nach seinen eignen Experimenten noch stärker, nämlich über $\frac{2}{5}$ an; ich glaube aber nicht, dafs seine auf die ungleiche Erwärmung, nämlich auf das ungleiche Steigen des Thermometers in der Sonne und im Schatten, gegründeten Schlüsse für sicher gelten dürfen. BOUGUER's Versuch [1] ist dagegen ganz nach den Regeln der Photometrie angestellt, indem er das Mondlicht, als der Mond 19° und als er 66° hoch stand, mit der Intensität des Kerzenlichts verglich.

Für die Strahlen, welche unter einem sehr kleinen Winkel gegen den Horizont geneigt zum Auge kommen, müfste man die Rechnung anders führen, indem da die Kugelgestalt der Luftschichten in Betrachtung gezogen werden müfste [2]; aber die Versuche, welche den Lichtverlust in der Atmosphäre bei hö-

---

1 Bouguer Opt. p. 33.

2 Lambert giebt dazu zwar Anleitung, Photom. §. 885; aber die Integration liefse sich in Zahlen besser ausführen, wenn man sich der Methode der Quadraturen bediente.

ıeren Stellungen der Sonne bestimmen, müfsten noch erst ge-
ıauer wiederholt werden.

Saussüre hat, um die verschiedene Durchsichtigkeit der
ıtmosphäre zu verschiedenen Zeiten zu untersuchen, eine eig-
e Veranstaltung unter dem Namen *Diaphanometer* vorge-
chlagen. Er geht dabei von dem Satze aus, dafs uns zwei
anz ähnliche, nur an Gröfse verschiedene Gegenstände gleich
ut sichtbar seyn müssen, wenn der eine so viel entfernter ist
ls der andre, dafs die Sehewinkel gleich werden; findet sich
arin eine Verschiedenheit, so liegt diese in der unvollkomm-
en Durchsichtigkeit der Luft. Da er fand, dafs ein schwar-
er Kreis auf weifsem Grunde und eben so ein weifser Kreis auf
chwarzem Grunde allerlei täuschende Erscheinungen darbiete,
o dafs man über die genaue Entfernung, in welcher man einen
olchen Kreis nicht mehr erkennt, nicht mit sich einig werden
ann, und da diese Unsicherheit wegzufallen schien, wenn
ıan den schwarzen Kreis nur mit einem weifsen Ringe umgab,
ıd diesen mit Grün umgrenzte, so gab er seinem Diaphanome-
r folgende Einrichtung. Auf einer grofsen Tafel, die ein
uadrat von 8 Fufs Seite darstellte, wurde in der Mitte ein
reis von 2 Fufs Durchmesser mit schwarzem Wollenzeuge be-
ckt, um diesen ein 2 Fufs breiter Ring mit weifser Leinwand
deckt, und der übrige Raum rund umher grün überkleidet.
eser grofsen Tafel wurde eine ganz ähnliche kleine beigefügt,
ren Seite 8 Zoll hielt, in deren Mitte ein Kreis von 2 Zoll
ırchmesser schwarz bekleidet, mit einem 2 Zoll breiten weis-
ı Ringe umgeben war, und rund umher alles grün bedeckt
ırde. Wäre nun die Luft vollkommen durchsichtig, so müfs-
die grofse Tafel mit ihren Kreisen in der 12 fachen Entfer-
ng noch eben so deutlich zu erkennen seyn, als die kleine
fel in der 1 fachen Entfernung; aber wegen der unvollkom-
nen Durchsichtigkeit der Luft findet man einigen Unter-
ıied. Zum Beispiel bei einer Beobachtung hörte der kleine
eis in der Entfernung = 314, der grofse in der Entfernung
3588 auf sichtbar zu seyn, und hier sollte eigentlich
4 : 3588 sich wie 1 : 12 verhalten, das Verhältnifs ist aber
11,427, das von dem entfernteren Gegenstande zum Auge
mmende gesammte Licht ist also nur $= \frac{11,427}{12} = 0,9523$,

wenn das Licht durch 3588 Fuſs oder noch richtiger wohl durch (3588 — 314) = 3274 Fuſs Luft geht. Dies in die Formel

$v = a \cdot e^{-\frac{1}{n} s}$ gesetzt, gäbe

$0{,}9523 = e^{-\frac{3274}{n}}$,

oder log. br. $0{,}9523 = -\frac{3274}{n}$. log. br. e.

das ist $n = \frac{3274 \cdot 0{,}434294}{0{,}021226} = 66980$.

Daraus müſste man also schlieſsen, daſs für eine Entfernung = 24500 Fuſs

$v = a \cdot e^{-\frac{24500}{66980}}$ seyn müsse,

also $v = a \cdot 0{,}6937$. Da nun die ganze Luftsäule von der Erde bis an das Ende der Atmosphäre eben so viel wiegt, als eine 24500 Fuſs hohe Luftsäule von der Dichtigkeit wie die untere Luft, so möchte hiernach der Lichtverlust bei Strahlen, die vertical durch die ganze Atmosphäre gehen, wohl 0,3 betragen; indeſs ist der Schluſs vom Kleinen aufs Groſse unsicher, und, wenn man bei dem *Diaphanometer* die Lichtstärke = 0,96 in 3600 Fuſs Entfernung setzte, so fände man schon n = 88180, oder den ganzen Lichtverlust bei senkrecht durch die ganze Atmosphäre gehenden Strahlen so, daſs v = 0,757 bleibt. Bis bessere Beobachtungen etwas andres lehren, wird man also wohl annehmen dürfen, daſs die Lichtstrahlen nur $\frac{3}{4}$ bis $\frac{4}{5}$ der Intensität, welche sie auſser der Atmosphäre hatten, behalten, wenn sie durch die ganze Atmosphäre vertical herabgehen. Die groſse Schwächung des Sonnenlichts, wenn die Strahlen kurz vor dem Untergange der Sonne durch viele Meilen der untern Luftschichte fortgehen, läſst sich hieraus wohl erklären; denn wenn der Lichtstrahl durch 30 Meilen der untern Luftschichten geht, so kann seine Intensität kaum noch $\frac{1}{5000}$ derjenigen Intensität betragen, die er bei verticaler Richtung hatte. *B.*

Dynameter. S. Auzometer.

Dynamik.

ynamica; Dynamique; *Dynamics;* (von δύναμις raft) bezeichnet die Lehre von den Kräften und den durch sie zeugten Wirkungen, namentlich den Bewegungen. Hiernach llt sie im Wesentlichen mit der Mechanik zusammen, und der usdruck ist auch zuerst von Leibnitz gebraucht, um den abractesten Theil der höheren Mechanik, nämlich die Untersuungen über die bewegenden Kräfte im Allgemeinen und die esetze der dadurch erzeugten Bewegungen zu bezeichnen. Dernige Theil der Dynamik, welcher sich hiernach mit den Unrsuchungen der Bewegungen im Allgemeinen und des Wesens, rsprunges und Zusammenhanges der bewegenden Kräfte im esondern beschäftigt, ist zwar im hohen Grade speculativ, und ann in gewisser Beziehung füglich metaphysisch genannt weren, allein die eigentliche *metaphysische Dynamik* ist erst in n neuesten Zeiten seit Immanuel Kant und seinen Anhängern lgemeiner bekannt geworden. Man hat seitdem das Wort Dymik in einer von dem früheren Sprachgebrauche ganz abweienden Bedeutung genommen, einige haben es sogar hierfür lein und ausschliefslich usurpiren wollen, und obgleich dieses ofs in Deutschland geschehen ist, im Auslande aber bei den deutenden Gelehrten durchaus keine Nachahmung gefunden t, so dürfen wir doch hier füglich beide Bedeutungen des ortes trennen, und somit einen Unterschied zwischen der mephysischen Dynamik und der mathematischen festsetzen.

1. Metaphysische Dynamik.

Man versteht in Deutschland unter Dynamik, oder dem in eser Beziehung gleichbedeutenden dynamischen Systeme, dienige Theorie mancher Physiker, wonach sie annehmen, dafs e Materie nicht an und für sich und durch sich selbst existirt, n Raum erfüllt, sich bewegt und Veränderungen zeigt, sonrn dafs ihr gewisse *Kräfte*, und zwar *Grundkräfte* oder *Uräfte*, zum Grunde liegen, durch welche sie selbst erst Exienz erhält, wirkt und sich verändert. Unter diesen Kräften rstehen dann die meisten die *Ziehkraft* und *Dehnkraft* nziehung und Abstofsung), weil Kant zu beweisen suchte, fs ohne diese die Materie nicht seyn, nicht existiren könne,

oder dafs sie zum Wesen derselben nothwendig gehörten, ohne jedoch damit im Sinne der nach ihm sich nennenden *Dynamiker* behaupten zu wollen, dafs die Materie durch diese Kräfte erst ihre Existenz erhalte, oder dafs alle Qualitäten und Veränderungen der Materie auf dieselben zurückgeführt werden könnten. Der Consequenz nach können die Anhänger dieser Dynamik (die *Dynamiker* im Gegensatze der *Atomistiker*) nicht zugeben, dafs die Materie überhaupt, oder vielmehr irgend eine specielle Materie, die eines gegebenen Körpers, bei fortgesetzter Theilung ihre individuellen Qualitäten beibehalte, oder dafs dieselbe aus untheilbaren Elementartheilchen, Atomen, bestehe, deren specifische Beschaffenheit die Eigenschaften ihres Körpers bedinge; nach ihnen führt vielmehr jede Theilung eines materiellen Körpers nicht etwa zum *physisch unendlich Kleinen* (dem physich Unmefsbaren) sondern zum *geometrisch unendlich Kleinen*, d. h. die Materie als solche verschwindet, und geht in die sie constituirenden Grundkräfte über. Auf gleiche Weise beruhen die individuellen Qualitäten der Materie überhaupt und eines jeden gegebenen Körpers nicht auf eigenthümlichen Beschaffenheiten, auf der Wesenheit der sie constituirenden Bestandtheile (Elemente, Atome, Molecülen), sondern auf dem Conflicte der die ganze Natur begründenden, die Materie nebst ihren Eigenschaften und Veränderungen bedingenden, Grundkräfte [1].

Die Kantischen Grundkräfte, nämlich Dehnkraft und Ziehkraft, sind schon gelegentlich genannt; auch ist schon erwähnt, dafs die Theorie der Dynamiker keineswegs erst durch KANT oder seine Anhänger erfunden sey [2], eine gründliche Prüfung derselben würde aber hier nicht am rechten Orte seyn, indem es vielmehr nur auf die genaue Bestimmung desjenigen ankommt, was man unter *Dynamik* zu verstehen habe, die hierbei gelegentlich mit angeregte wichtige Frage über das Wesen und die Existenz der Körper selbst aber erst unter dem Art. *Materie* zur nähern Untersuchung kommen kann.

---

1 Vergl. J. C. Fischer Physikalisches Wörterbuch. I. 751. VIII. 458. Klaproth und Wolf chemisches Wörterbuch I. 684.

2 Vergl. Th. I. p. 122.

2. Mathematische Dynamik.

Einige verstehen unter Dynamik, in so fern diese zur Ma-
iematik gehörig betrachtet wird, den höheren oder abstracte-
n Theil der Mechanik überhaupt, also die allgemeinen Bewe-
ungsgesetze, welche dann, auf feste Körper angewandt, unter
er *Dynamik* schlechthin, auf tropfbar flüssige unter *Hydrody-
amik* und auf expansibele unter der *Aërodynamik* oder *Pneu-
atik* zusammen genommen werden. Wenn gleich diese Be-
iffsbestimmung dem Sprachgebrauche nach die gangbarste ist,
 müssen wir doch noch einige andere berücksichtigen. Einige
elehrte nämlich geben der höheren Mechanik oder allgemeinen
ewegungslehre zwei Hauptheile, nämlich *Dynamik* und *Pho-
nomie*, wovon jene die abstracten Gesetze der Bewegung, die-
 die Untersuchung der bewegenden Kräfte begreift [1]. Diese
nterscheidung ist aber nie bleibend beibehalten, sondern man
t im Allgemeinen dabei stehen geblieben, die Dynamik als ei-
en Theil der Mechanik zu betrachten, oder vielmehr theoreti-
che Mechanik und Dynamik als gleichbedeutend zu gebrauchen,
ährend der Ausdruck Phoronomie bei den klassischen Schrift-
tellern über die Mechanik nur selten vorkommt [2]. Uebrigens
efse sich auch mit genügenden Autoritäten beweisen, dafs alle
ei Ausdrücke, nämlich *Phoronomie*, *Dynamik* und *Mechanik*
 völlig gleichbedeutend gebraucht werden, wie unter andern
 dem Titel von drei der wichtigsten Werke über diesen Ge-

---

1 Diesem ähnlich, aber vom gewöhnlichen Sprachgebrauche etwas
eichend, sind die Bestimmungen KANT's in Metaphysische Anfangs-
nde d. Naturwissenschaft. 3te Aufl. Leipz. 1800. p. XX. wonach die
oronomie die *Bewegung* als ein reines *Quantum*, nach seiner Zu-
mensetzung, ohne alle Qualität des Beweglichen betrachtet; die
namik aber die *Bewegung* als zur *Qualität* der Materie gehörig,
er dem Namen einer *ursprünglich bewegenden Kraft*, in Erwägung
it.

2 J. Leslie in Elements of natural philosophy. Edinb. 1823. I. 70.
delt von den allgemeinen Bewegungsgesetzen unter dem Titel Pho-
omics, welches er früher mit dynamics gleichbedeutend annimmt.
st findet man den ersteren Ausdruck auch bei englischen Schriftstel-
 nicht häufig.

genstand hervorgeht, nämlich HERMANN's Phoronomie [1], d'ALEMBERT's Dynamik [2] und EULER's Mechanik [3].

Bleibt man endlich bei demjenigen stehen, was in den neuesten Zeiten durch den Sprachgebrauch sowohl in Deutschland als auch namentlich in England und Frankreich festgesetzt ist, so begreift die *Dynamik*, so fern sie zur Mathematik gehört, die allgemeinen Bewegungsgesetze, und zerfällt dann wieder in zwei Theile, einen allgemeineren und einen specielleren. Der erstere derselben bezieht sich auf die Bewegungsgesetze aller Körper ohne Unterschied ihrer Beschaffenheit, namentlich aber auf die Untersuchung der bewege[illegible] Kräfte, mithin zum Theil auch auf dasjenige, was [illegible] der *corpuscular forces* nennen, also Anziehung, [illegible] u. dgl. Hierzu gehören ferner die sehr specul[illegible] ob eine Kraft ohne wirkliche Annäherung d[illegible] wirken könne, namentlich L. EULER's Satz [illegible] *mov*[illegible] *contiguo et moto;* der vielbestrittene [illegible] über d[illegible]keit einer Wirkung in die Ferne (*actio in distans*); ob alle Bewegung von einem Drucke oder einem Stofse abzuleiten sey, [illegible]r der Materie überhaupt ein Impuls zur Bewegung zukomme; ob die Materie mit den bewegenden Kräften nothwendig verbunden sey oder als getrennt davon gedacht werden könne und andere mehr [4]. Seitdem aber in den neuesten Zeiten die Mechanik als eigentliche wissenschaftliche Disciplin die bedeutendsten Fortschritte gemacht hat, sind alle diese Untersuchungen weit weniger beachtet, weil man zu der Ueberzeugung gekommen ist, dafs das Wesen der Materie und der ihr inwohnenden Kräfte durch Speculation nicht erkannt werden kann, auf dem Wege der Erfahrung aber noch keineswegs hinlänglich ergründet ist. Es ist daher mehr Fleifs auf die Bearbeitung des specielleren Theiles der Dynamik, nämlich die eigentlichen Bewegungsgesetze, verwandt, und man darf annehmen, dafs gegenwärtig der Sprachgebrauch minde-

---

1 Phoronomia seu de viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum libri duo; auct. Jacobo Hermanno. Amst. 1716. 4.

2 Traité de dynamique cet. par d'Alembert. nouv. ed. Par. 1758. 4.

3 Mechanica, sive motus scientia, analytice exposita, auct. L. Eulero. Petrop. 1736. II. vol. 4.

4 Vergl. Robison System of Mechanical Philosophy. Edinb. 1822. IV vol. 8. I. 3 ff.

ns ziemlich allgemein festgesetzt ist, in so fern unter Dynamik
schlechtweg die Bewegungsgesetze fester Körper verstanden
rden, also *Stereodynamik* im Gegensatze der Stereostatik,
d diesem analog die Bedeutungen der Ausdrücke *Hydrody-*
namik und *Aërodynamik* festgesetzt sind. Die Literatur der
namik fällt also mit den Werken über höhere Mechanik zu-
amen, und kann somit hier übergangen werden [1]. *M.*

Dynamometer.

raftmesser; Dynamomètre; *Dynamometer.* Ein
strument, welches nach einem angenommenen Gewicht (Pfun-
n, Kilogrammen, Centnern) die Kraft angiebt, die ein Mensch
er ein Thier, oder auch der Beweger einer Maschine unter
gebenen Umständen hervorbringt. Schon früher hatten Gra-
m und Leroy Werkzeuge hierzu angegeben. Der Kraftmesser
s Ersteren bestand aus einem grofsen hölzernen Gestelle, in
lchem ein Winkelhebel A C B an einer Queraxe x x beweg-
h war. Der längere Hebelarm B C lag horizontal und trug
n schweres Laufgewicht P; die Kraft wirkte am kürzern He-
l A C. So mafs man die Armstärke eines Mannes, indem
eser mit der einen Hand das Querstück A, mit der andern
n Griff D des unbeweglichen Pfostens D E fafste, und beide
nander zu nähern suchte. Leroy bediente sich einer metalle-
n Röhre von 1 Fufs Länge, die auf einem Fufse wie ein
uchter aufrecht stand. In dieser gleitete eine eingetheilte
ange, die oben eine Kugel trug und unten gegen eine starke
iralfeder in der Röhre drückte. Mit dem Finger der Hand
eb man die Kugel nieder, und las an der Stange das Mafs
r angewandten Kraft.

Fig. 206.

Leroy's Idee, so unbrauchbar sie auch war, hatte wenig-
ns das Verdienst, die Federkraft an die Stelle des unbeque-
en Hebels gesetzt zu haben. Diese benutzte auch Regnier,
n die Naturforscher Büffon und Gueneau de Montbelliard
r Erfindung eines solchen Instrumentes aufgefordert hatten,
i dem von ihm angegebenen Kraftmesser, der an Bequem-

1 Vergl. Encyclopédie méthodique. Par. 1816. II. 784.

lichkeit der Anwendung, Sicherheit der Angaben und Ausdehnung seiner Scale wenig zu wünschen übrig läfst.

Fig. 207. I H I' K ist ein ovaler Ring von federhartem Stahl, etwa 4 bis 5 Lin. dick, und 12 Zoll lang. Von I bis I' ist er, um ihn bequemer anfassen zu können, mit Leder überzogen, das inwendig ein wenig fett gemacht ist, damit sich kein Rost erzeuge. Seine elliptische Form ist gegen die Enden I I' etwas eingedrückt, damit man ihn mit beiden Händen nach der Richtung der kleinen Axe zusammendrücken könne. Diese Wirkung wird durch den Hebel G E F bemerkbar gemacht, welcher beide Schenkel des Dynamometers verbindet. An dem einen ist nämlich das Stück G H mit einer durchgehenden Schraube befestigt; der andere trägt vermittelst der Schraube i den Steg D C L, auf welchem der Stützpunct E des Hebels G b E F und das Centrum des Zeigers C P sich befindet. Dieser Zeiger, der durch Reibung festsitzt, steht unter dem Zeiger E F, und wird durch einen am Letztern unterhalb befindlichen Knopf oder Stift F fortgeschoben. Er ist dünne, und etwas elastisch, damit er nicht durch die, bei der Kraftanstrengung erfolgenden, Zitterungen selbst in eine schwankende Bewegung versetzt werde. Die Excentricität des Hebels E F gegen den Zeiger C P hat allerdings zur Folge, dafs bei gleichen Winkeländerungen des Erstern die von dem Letztern durchlaufenen Bogen nicht von gleicher Gröfse bleiben, sondern gegen M hin zunehmend sind, und diese Ungleichheit wird durch ungünstige anfängliche Lage des kleinen Hebels b E noch verstärkt; da jedoch die Eintheilung auf praktischem Wege durch spannende Gewichte gesucht wird, so hat dieses auf die Genauigkeit des Werkzeuges selbst keinen Einflufs, wofern man nur die Vorsicht gebraucht, nicht etwa nur einzig das höchste Gewicht anzuhängen, und die Unterabtheilungen mit dem Cirkel auszumachen, sondern diese durch die erforderlichen kleinern Gewichte selbst einzeln zu bestimmen. Fig. 207. Die kleinen Kreise n n n, stellen drei niedrige Pfosten vor, auf welchen ein Messingblech von der Form des oben beschriebenen Apparates als Deckel aufgeschraubt wird; zwischen seinen Schenkeln C A und C B ist jedoch die Fläche des Sectors bis auf L weggeschnitten.

Der Gebrauch dieses Instrumentes ist zweifach: einmal für geringere Kräfte, welche directe zusammendrückend auf die

den Schenkel des Dynamometers wirken; sodann auch für
rkere, welche, an den Enden I und I' angebracht, durch
ı Zug die Ellipse ausstrecken, und so ebenfalls ihre kleine
e verkürzen. Da jedoch in dem letzteren Falle die Kraft viel
günstiger wirkt, als im ersteren, so ist für diesen Gebrauch
ı Instrumentes eine zweite Eintheilung erforderlich, welche
ıerhalb der Erstern auf dem Sector A M B sich befindet, und
rch die kleine pfeilförmige Spitze in dem durchbrochenen
rderstücke des Zeigers C P bezeichnet wird. Bei Regniers
namometern gieng jene bis 120, diese bis 1000 Kilogrammen.
beiden Fällen, wenn der Zeiger auf dem Maximum der Ein-
ilung stand, wurde die kleine Axe der Ellipse, die inwen-
; etwa 25 Lin. maſs, um $4\frac{1}{2}$ Lin. verkürzt. Das ganze In-
ument wog ein Paar Pfunde, und vermochte also mehr als
s Tausendfache seines Gewichts anzugeben. Begreiflich läſst
h dieses Vermögen durch Vergröſserung des ganzen Werk-
ıges in beliebigem Maſse selbst bis zur Messung der Kraft
ɔſser Maschinen steigern; allein man kann, wie Regnier
bst bemerkt, mit seinem Dynamometer sehr bedeutende
äfte messen, wenn man dieselben nicht directe, sondern
ırch Flaschenzüge darauf wirken läſst, und so die Eigenschaft
ser Letzteren, die Kraft nach der Zahl der parallelen Stränge
vervielfachen, in umgekehrtem Sinne benutzt. Wollte man
B. nur die Hälfte einer zu messenden Kraft K auf das Dyna- Fig. 208.
ometer D O wirken lassen, so befestige man dieselbe an das
ntrum der Rolle F, schlinge um diese eine Saite, deren eines
de an dem unbeweglichen Puncte A, das andere am Ende O
ı Dynamometers befestigt ist, das hinwiederum von dem fixen
ncte Q festgehalten wird. Der Zug, welchen die Kraft K
übt, wird sich dann auf die beiden festen Puncte A und Q
theilen, so daſs das Instrument nur die Hälfte desselben zu
gen bekommt. Daſs man hierin noch weiter gehen, und
m Instrumente nur den dritten, vierten, fünften Theil der
aft zutheilen könnte, ist leicht einzusehen. Bei groſsen
äften würde allerdings die Steifigkeit der Seile der Genauig-
t einigen Eintrag thun; doch schwerlich in dem Maſse,
ſs dieses bei Bestimmungen, die meistens nur näherungsweise
langt werden, in Betrachtung kommen dürfte.

Wie man die Kraft der Hände prüfe, ist bereits oben angedeutet worden, und aus der Zeichnung zu ersehen. Man faſst das Instrument mit beiden Händen möglichst nahe an der Mitte zwischen Daumen und Finger, und findet das Maſs der Zusammendrückung auf dem äuſsern Gradbogen. Nach Regnier ist die mittlere Stärke eines Mannes in dieser Anwendung etwa 50 Kilogrammen (102 ℔.) Die Summe der Angaben für jede einzelne Hand ist so ziemlich der Kraft der beiden vereinten Hände gleich. Die rechte Hand ist indeſs gemeiniglich die stärkere. Die Kraft der Rücken- und Armmuskeln zu erproben, bedient man sich einer eisernen eingekerbten Schiene CD, auf deren horizontales Querstück AB man die Füſse setzt. Man hängt das Ende I des Dynamometers in angemessener Höhe in einen der Einschnitte ein und faſst das andere Ende mit dem Haken Q, dessen Handgriff man in etwas vorgebückter Stellung mit beiden Händen ergreift. Die mittlere Stärke eines Mannes geht in diesem Fall nach Regnier auf 130 Kilogr. (265 ℔.) Ein starker Mann, der sich nicht getraute, 500 ℔. vom Boden zu heben, brachte den Zeiger bis auf 370 Kilogr. (755 ℔.) Die Kraft der Weiber ist im Mittel derjenigen eines Jünglings von 15 bis 16 Jahren gleich, überhaupt ungefähr $\frac{2}{3}$ von der Stärke der Männer.

Fig. 209. Fig. 210. Fig. 211.

Vergleicht man mit diesen Angaben diejenigen, welche der Naturforscher Peron auf seiner Reise nach Neuholland gesammelt hat, so erscheint die Kraft der Europäer bedeutend gröſser, und Regnier's Resultate kommen nicht einmal den Anstrengungen der ungeübtern und schwächern Wilden auf Neuholland und Timor gleich, indem diese für das Alter von 20 bis 50 Jahren eine Druckkraft von 58 Kilogr. (118 ℔.) und einen Zug von 165 Kilogr. (336 ℔.) ausübten. Die dort anwesenden Franzosen, gröſstentheils Seeofficiere und Gelehrte im Alter von 20 bis 50 Jahren brachten den Druck der Hände auf 69,2 (141 ℔.) und die Ziehkraft auf 221 Kilogr. (452 ℔.); vierzehn Engländer daselbst, von dem nämlichen Alter und ebenfalls von der Klasse, die keine Handarbeit treibt, vermochten im Mittel 71,4 Kilogr. (146 ℔.) und 238 Kilogr. (486 ℔.). In der Vermuthung, auf Peron's Instrumente möchte die Theilung nicht mit dem wahren Werthe der Compression der Ellipse übereinstimmend gewesen seyn, verschaffte ich mir

ein Regniersches Dynamometer, und prüfte seine Theilung durch aufgelegte und angehängte Gewichte. Es ergab sich, dafs die Echelle des pressions die Resultate um ein halbes Kilogramm; die Echelle du tirage um 1½ Kilogr. zu grofs angab. Dabei fand sich die Kraft von 13 Personen zwischen 30 und 50 Jahren, lauter Gelehrte und Maler, 71,0 Kilogr. (145 ℔.) auf den Druck; und 176 Kilogr. (358 ℔.) auf den Zug nach der corrigirten Scale. Er scheint also, dafs die Angaben von Peron's Instrumente Zutrauen verdienen, und Regnier's Mittelgröfsen der Stärke das Ergebnifs weniger Versuche und schwacher Subjecte seyen. Bei Leuten von der arbeitenden Klasse werden die Resultate etwa um $\frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{10}$ gröfser.

So einfach Regnier's Dynamometer, und so wohl ausgedacht es ist, so ist es doch auf verschiedene Kraftäufserungen der menschlichen Arme nicht anwendbar, und seine Fähigkeit, die Kraft des Händedrucks zu messen, von geringem Nutzen, da oft ziemlich schwache Leute hierin eine merkliche Kraft ausüben können. Auch ist, wie wir oben gesehen haben, die excentrische Bewegung des Zeigers bei gleicher Eintheilung der Scale der Genauigkeit der Angaben keineswegs vortheilhaft, und überdem das Instrument wegen der starken Abplattung der Ellipse für den Zug in der Richtung I I' etwas unempfindlich. Von allen diesen Mängeln ist die nachfolgende von G. W. Muncke [1] angegebene Abänderung des Dynamometers frei. Zuerst besteht, der gröfsern Elasticität und Stärke wegen, der elliptische Bügel A B C D aus federhartem Stahle, ist in den schwächsten Theilen, da, wo in der Figur die Buchstaben A, D, C, B gezeichnet sind, 1 Lin.; bei den Handhaben a, a 1,25; in der Gegend der Ringe b b aber 1,5 Par. Lin. dick, und durchaus 1,6 Zoll hoch; die grofse Axe beträgt 14,5 Z. die kleine 5 Z. Durch die ungleiche Dicke des Bügels ist vorzüglich bezweckt, dafs er an den Stellen, wo die Handgriffe und die beiden Ringe nebst dem inwendigen Mechanismus angeschraubt sind, nicht zu schwach, und somit seine Ausdehnung stets regelmäfsig ist. Um diesen Zweck noch mehr zu erreichen, ist keine Schraube in den Bügel selbst geschnitten, sondern dieser ist blofs mit den

Fig. 212.

1 Handschriftl. Mittheilung.

zum Hindurchstecken der Schrauben erforderlichen Löchern durchbohrt. In der Richtung der kleinen Axe sind vermittelst der Schrauben c, c, c, c die beiden Handgriffe a, a angeschraubt, welche zum bequemeren Festhalten etwas gepolstert, und mit Leder umwunden werden. In der Richtung der grofsen Axe aber sind zwei Oehre f, f durchgesteckt, und mittelst der Schrauben d, d und der genau an die Biegung passenden Platten g, g befestigt: durch diese gehen die starken, im Ganzen geschmiedeten eisernen Ringe von 1,8 Z. innerem Durchmesser, und 0,36 Z. Dicke, welche in den hinlänglich erweiterten Oehren sich frei und leicht bewegen. Man ersieht bald, dafs die Handhaben a, a, dazu dienen, kleinere Kräfte zu messen, die Ringe aber für gröfsere und sehr grofse bestimmt sind. In der Mitte der Ellipse und am einen Ende der kleinen Axe ist vermittelst der Schrauben $\gamma\ \gamma$ der flache, 1 Lin. dicke, eiserne Träger α festgeschraubt, welcher in drei Zweige ausläuft; zwei derselben δ, δ, 2 Lin. breit, dienen als Halter des auf ihnen festgeschraubten etwas mehr als Halbkreises $\nu\ \nu'\ \nu$, der dritte $\zeta\ \varkappa$ aber ist in einer Länge von 2 Zollen ausgeschnitten, trägt am Ende den Haken $\varkappa$ welcher sich zwischen den beiden durch die Schrauben $\beta\ \beta'$ an die stählerne Ellipse befestigten Zweigen $\lambda\ \lambda$ bewegt, und dazu dient, bei etwa angewandter übermäfsiger Kraft an den Handgriffen a, a gegen den Haken i an dem Zweige λ' zu fassen, und die weitere Ausspannung des Dynamometers in der Richtung der kleinen Axe zu sistiren; zugleich aber, wenn eine allzustarke Kraft auf die Ringe b, b wirkt, gegen das Bodenstück sich zu stemmen, und somit eine weitere Ausdehnung nach der Längenaxe unmöglich zu machen; eine zur Sicherung des Werkzeuges nothwendige Vorrichtung. Auf dem Träger $\alpha\ \zeta\ \varkappa$ des getheilten Bogens $\nu\ \nu\ \nu$ ist ein Stift befestigt, um welchen die Rolle $\varepsilon\ \varepsilon$ sich leicht, doch ohne die geringste Schlotterung umdreht. Ueber dieselbe ist die Schnur (eine feine Darmsaite) $\varphi\ \varphi\ \varphi$ ganz herumgeschlungen, und mit ihrem einen Ende an den Vorsprung ψ des Trägers λ, mit dem andern aber an die Feder $\sigma\ \tau$ befestigt. Letztere ist der gröfsern Stärke wegen doppelt, und aus einer starken Taschenuhrfeder gemacht; sie ist in der kleinen Querstange $\pi\ \tau$ in einem Einschnitte bei τ festgekeilt, und geht freigelassen bis an den Bügel des Dynamometers zurück, ist aber so angespannt, dafs sie den

auf der Rolle s befindlichen Zeiger bei der Verkürzung der kleinen Axe bis μ' hinzieht, während dem sie bei Verlängerung derselben ohne Widerstand sich bis zur Rolle s hinziehen läſst, in welchem Falle der Haken $\varkappa$ mit dem Vorsprung i zusammenstöſst, und der Zeiger in μ sich befindet. Dieser Letztere sitzt auf der Rolle, durch Reibung fest, so daſs er sich wie ein Uhrzeiger stellen läſst, aber dennoch mit der Rolle fortgeht; sein anderes Ende gleitet auf dem Gradbogen, und schneidet daselbst vermittelst eines eingerissenen scharfen Strichs den gemessenen Grad der Eintheilung ab. Da es aber bei vielen Versuchen auf eine solche Schärfe nicht ankommt, und oft die unmittelbare Beobachtung des Zeigers unthunlich ist, so sind auf einer Verlängerung des Stiftes, der die Rolle trägt, und concentrisch mit dieser, zwei leichtbewegliche Zeiger ω' ω' und ω'' ω'' angebracht, welche durch ein auf dem Hauptzeiger befindliches Stiftchen seitwärts geschoben werden.

Die Eintheilung des Kreisbogens $\nu\nu$ ist willkürlich; sie ist, wie sich's von selbst versteht, empirisch durch angehängte Gewichte gemacht. Von α nach μ hin sind 125 Kilogramme aufgetragen, und zwar von 0 bis 25 K. je zu halben Kilogrammen, von 50 bis 125 K. zu 5 Kilogr. Nach μ' hin aber befinden sich 300 K. nämlich von 0 bis 100 von 5 zu 5, nachher von 10 zu 10 Kilogrammen. Noch muſs bemerkt werden, daſs die Wirkung des Instruments auf eine horizontale Lage desselben berechnet ist. Wird es aufgehängt oder vertical gehalten, so muſs der Zeiger vorerst auf Null eingestellt werden. Alles an demselben ist von Stahl mit einziger Ausnahme der Theilung, die von Messing und versilbert ist [1].

Um den mannichfachen Gebrauch zu zeigen, welchen man von diesem Dynamometer machen kann, mögen hier einige Versuche folgen, welche an drei Personen O, W und M angestellt wurden [2]. O. ist ein Instrumentenmacher, 34 Jahre alt, von mittlerer Gröſse, und gut genährt; W. ein Gärtner, 46 Jahr alt, mittlerer Gröſse, an tägliche, doch nicht übertriebene Arbeiten gewöhnt, mäſsig gut genährt. M. ein Gelehrter, 51 Jahre alt, eine ungewöhnlich anhaltende sitzende Lebensart führend, frü-

1 Ein Exemplar, wie das hier beschriebene, kostet 5 Ldrs.

2 Handschriftl. Mittheilung.

her an körperliche Anstrengung gewöhnt, gut genährt, von mittler Größe. Das Dynamometer giebt halbe Kilogramme an.

	O	W	M
1. Ausspannung beider Arme in einer Linie horizontal, und parallel mit der Brustfläche .	89	62	75
2. Ausspannung der Arme, der eine der Brust entgegen ziehend, der Andere von ihr abstoßend .	125	104	115
3. a. Ausspannung des rechten Armes, das Dynamometer an einem Riemen über die Schulter befestigt .			(112)
b. desgleichen des linken Armes .			98
4. Zusammenziehen der Arme, mit der einen Hand einen festen Punct ergreifend, mit der andern das festgebundene Dynamometer haltend .	160	130	175
5. Kraft des rechten Beines bei der Ausstreckung gegen einen Riemen um die Hüfte .	288	178	279
6. Kraft der Rückenmuskeln, mit dem einen Fuſs in den einen Halter des Dynamometers tretend, mit beiden Händen den andern ziehend, Stellung wenig gebückt .	219	189	235

Hier ist einzig die letzte Art der Kraftäuſserung mit den obigen Versuchen einigermaſsen vergleichbar. Die Resultate sind jedoch geringer, weil die drei Personen sich nicht getrauten, bei dieser etwas gefährlichen Stellung allzugroſse Anstrengungen zu machen, und es ihnen überhaupt vorzüglich darum zu thun war, die mittlere Stärke eines Mannes zu finden.

Das Dynamometer ist nicht nur zur Messung menschlicher Kräfte ein sehr brauchbares Instrument, sondern seine Solidität und geschmeidige Form macht es auch zu andern Messungen, zur Schätzung der Zugkraft eines Pferdes, Beurtheilung der Reibung der Fuhrwerke, Pflüge u. s. w. sehr brauchbar. Nach Regnier betrug die Zugkraft eines Pferdes 30, 41, 33½, 41 Myriagrammes (im Mittel 745 Pfunde). Pferde von Pariser Miethkutschern brachten es sogar auf 52½ Myr. (1070 Pfde.). Da die Pferde, wenn sie einen starken Widerstand fühlen, sich leicht entmuthen, so räth Regnier an, das aufzustreckende Seil nicht um einen Pfosten zu schlingen, sondern als Chorde an die En-

den eines Bogens zu befestigen, der aus sechs zusammengebundenen Brettern von Eschenholz gemacht ist, die nach den Enden hin verjüngt zulaufen. Legt man nun diesen Bogen hinter den in der Erde befestigten Pfosten, so wird derselbe durch den Zug der Pferde allmälig gekrümmt, und der absolute Widerstand tritt erst später ein. Das Nämliche läſst sich auch nach Regnier durch eine Reihe von Gewichten oder Steinen erreichen, welche auf kleinen Schlitten liegend, durch Seile verbunden sind, die eins nach dem Andern durch den Zug der Pferde angestreckt werden, und so die Last allmälig vergröſsern.

Es ist zu wünschen, daſs dieses zweckmäſsige und bequeme Instrument häufiger als bisher benutzt werde, einerseits um die oft ans Unglaubliche gränzenden Kraftäuſserungen, deren einzelne Menschen oder Thiere zuweilen fähig sind, nach Maſs und Gewicht kennen zu lernen; andererseits um genauere Angaben der Mittelgröſsen für verschiedene in der praktischen Mechanik vorkommende Anwendungen menschlicher, thierischer und physischer Kräfte zu erhalten, und so in unsern Lehrbüchern einige oft unwillkommene Lücken auszufüllen. *H.*

Man sehe hierüber: Memoires explicatifs du Dynamomètre et autres machines, inventées par le Cen. Regnier. Paris. An 7. 4. mit K. und einem Nachtrag von Regnier im Journ. des mines. No. 132. 1807. 8. Journ. de l'École Polytech. II. 160. G. II. 91. Phil. Mag. I. 399. Ein durch Louis Martin angegebenes hydraulisches Dynamometer S. Ann. de Chim. et Phys. XIX. 421, so wie den durch Prony ebend. p. 165. vorgeschlagene Apparat zur Bestimmung des dynamischen Effectes der Maschinen sind noch nicht allgemein eingeführt, und können daher hier nur geschichtlich erwähnt werden.

Ende des zweiten Bandes.

Nothwendige Verbesserung zum ersten Theile des Wörterbuches.

Es ist in den Formeln für die Ausdehnung des Quecksilbers und der expansibelen Flüssigkeiten der Divisor hinzuzufügen vergessen. Man lese also pag. 601 Z. 1 [illegible]

und überhaupt ist ein gegebenes Volumen desselben bei t Graden C. = v; für t' Grade = v':

$$v' = v\,(1 + (t' - t)\,\frac{0{,}00018018}{1 + t.\,0{,}00018018})$$

für die Réaumür'sche Scale aber ist:

$$v' = v\,(1 + (t' - t)\,\frac{0{,}000225225}{1 + t.\,0{,}000225225})$$

für die Fahrenheit'sche aber ist:

$$v' = v\,(1 + (t' - t)\,\frac{0{,}0001001001}{1 + t.\,0{,}0001001001}).$$

Desgleichen pag. 642 Z. 4 v. u.:

so ist allgemein für Grade der C. Scale:

$$v' = v\,(1 + (t' - t)\,\frac{0{,}00375}{1 + t.\,0{,}00375})$$

für die Réaumür'sche Scale:

$$v' = v\,(1 + (t' - t)\,\frac{0{,}0046875}{1 + t.\,0{,}0046875})$$

und für die Fahrenheit'sche:

$$v' = v\,(1 + (t' - t)\,\frac{0{,}002083334}{1 + t.\,0{,}002083334}).$$

M.









